

85

Juin 2011

# fnrs news

LE MAGAZINE DU FONDS DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE - FNRS - TRIMESTRIEL N°85 • Juin 2011

## Dossier Chimie

3 chercheurs  
de l'Université  
de Mons dans  
le Top-100 mondial



ÉDITO

01



NEWS

02

AGENDA

04

A LIRE

05

TÉLÉVIE

2011 rend hommage  
aux bénévoles

06

DOSSIER

10 De la cuisine à l'atmosphère:  
la chimie est partout!

12 Les femmes et la science

14 La chimie du futur face à ses  
défis...

08



PORTRAITS

Éviter les carcans !  
Philippe Dubois, Jérôme  
Cornil et David Beljonne

16

ÉCOLOGIE

L'évolution des interactions  
abeilles-fleurs : quand la chimie  
s'en mêle

20



CHIMIE

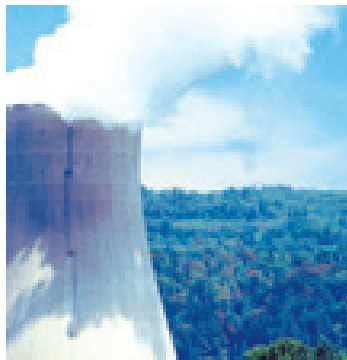
22 Petit, mais costaud !  
24 Vers une meilleure  
exploitation du pétrole

22

GÉNÉTIQUE

Drépanocytose :  
du sang à la santé  
publique...

26



NUCLÉAIRE

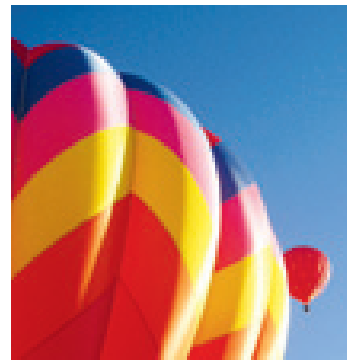
Droit à l'information en  
matière nucléaire  
Doser le risque et le bénéfice

28

PSYCHOLOGIE

30 Le fantôme de la liberté  
32 Les inventions de la  
mémoire

30



**fnrS**news

fnrS news est édité par le Fonds de la  
Recherche Scientifique - F.R.S.-FNRS

Une version électronique de  
fnrS news est disponible sur  
le site [www.frs-fnrS.be/flip](http://www.frs-fnrS.be/flip)

Éditeur en Chef : Véronique Halloin  
Secrétaire générale, rue d'Egmont 5 - 1000 Bruxelles

Rédacteur en Chef : Christel Buelens  
[christel.buelens@frs-fnrS.be](mailto:christel.buelens@frs-fnrS.be)

Relecture : Ismael Nijst

Rédaction : Christel Buelens, Pierre Dewaele, Elise  
Dubuisson, Violaine Jadoul, Philippe Lambert, Carine  
Maillard, Jean-Paul Vankeerberghen

Réalisation : [www.chriscom.eu](http://www.chriscom.eu)

**Remerciements :**

La rédaction remercie celles et ceux qui ont  
contribué à l'élaboration des articles et des  
illustrations.



La reproduction des articles  
publiés n'est pas autorisée,  
sauf accord préalable du Fonds  
de la Recherche Scientifique  
F.R.S.-FNRS et mention de leur  
provenance.

**fnrS**  
LA LIBERTÉ DE CHERCHER

# Édito

## 2011, l'année internationale de la chimie

L'année 2011 a été proclamée l'année internationale de la chimie par les Nations Unies. Les réalisations de la chimie et ses contributions au bien être de l'humanité seront ainsi mises en évidence tout au long de l'année un peu partout dans le monde.

La chimie est en effet une des sciences fondamentales qui mérite certainement d'être promue auprès du grand public. Les multiples composés et matériaux produits par les chimistes constituent aujourd'hui le fondement d'un des secteurs les plus innovants et compétitifs d'Europe. Des groupes d'experts ont pointé plusieurs contributions essentielles attendues du secteur pour relever certains des défis sociétaux identifiés dans la stratégie Europe 2020, dont le développement de sources d'énergie de substitution et de sources d'alimentation pour une population mondiale croissante.

Même si elle est régulièrement mise en cause pour avoir contribué à la dégradation de l'environnement et aux dérèglements climatiques, un monde sans chimie est impensable, car la chimie est véritablement partout.

La chimie, c'est en effet bien plus que le pétrole, les engrais et les pesticides. C'est aussi des routes, des pneus, des ordinateurs, des téléphones, du papier, des médicaments, avec le développement des nanoparticules (p22), ou encore de l'énergie renouvelable.

Et une rationalisation des processus existant, comme le montre Damien Debecker dernier lauréat du Prix Umicore dont le travail vise à valoriser la fraction légère des hydrocarbures issus du pétrole (p24).

Chimie rime avec évolution (p20) et écologie (p11) quand on s'intéresse de plus près aux relations insectes/insectes et insectes/fleurs.

La Belgique francophone peut être fière de ses chercheurs dans ces domaines. Ainsi par exemple avec Philippe Dubois, Jérôme Cornil et David Beljonne, 3 éminents chercheurs de l'UMons, dans le Top 100 mondial Thomson Reuters, la communauté française de Belgique (CFB) est pionnière dans la recherche sur les matériaux de nouvelle génération.

2011 Année internationale de la chimie, mais aussi Année Européenne du Volontariat. Année importante pour le F.R.S.-FNRS et les chercheurs en cancérologie de la CFB, puisque grâce à des milliers de bénévoles et donateurs, un nouveau record du Télévie a été établi ce 7 mai dernier: 8 212 537 euros.

Encore merci à tous pour votre dévouement et votre générosité.

**Véronique Halloin**  
Secrétaire générale F.R.S.-FNRS



# News



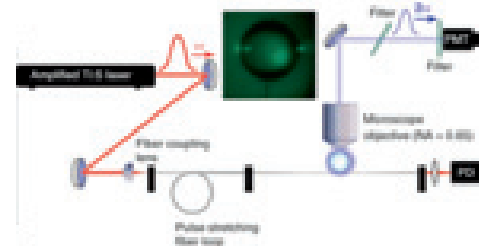
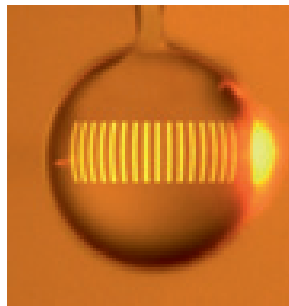
## LE BOSON DE BROUT-ENGLERT-HIGGS A PERDU UN DE SES PÈRES

Robert Brout (ULB), l'un des plus grands scientifiques belges, est décédé ce 3 mai 2011. Cet éminent chercheur pressenti pour le prix Nobel a proposé avec François Englert (ULB) un mécanisme expliquant l'origine de la masse des particules. Quelques semaines plus tard, le Britannique Peter Higgs parvenait à des résultats semblables. Le Boson de Brout-Englert-Higgs était né.

## ONDES ET CHUCHOTEMENTS...

Gregory Kozyreff, Chercheur qualifié F.R.S.-FNRS à l'ULB en collaboration avec des chercheurs de l'Institut des sciences photoniques de Barcelone (ICFO) ont mis sur pied un système optique capable de détecter des molécules présentes en très petit nombre telles des molécules toxiques. Le processus expérimental consiste en une microsphère en silice susceptible de capter ces molécules. Et par un phénomène dit « mode de galerie », analogue au phénomène acoustique dans la coupole de la cathédrale St Paul à Londres, la lumière injectée dans la sphère reste pendant un temps extrêmement long en tournant un grand nombre de fois le long de l'équateur. Donc, même si le signal émis par les molécules en petit nombre est faible, celui-ci est amplifié et les molécules détectables.

Gregory Kozyreff, PhD  
Optique nonlinéaire théorique, ULB  
Gregory.Kozyreff@ulb.ac.be



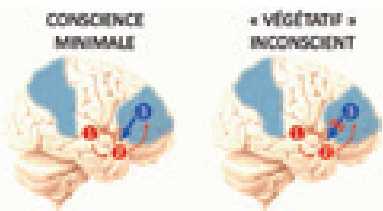
++ [www.nature.com/ncomm](http://www.nature.com/ncomm)

## SIGNATURE NEURONALE DE LA CONSCIENCE

© comascience.org ULg



Les recherches cliniques dirigées par Mélanie Boly, Chargé de recherches F.R.S.- FNRS, et Steven Laureys, Maître de recherche F.R.S.- FNRS, au Coma Science Group (ULg et CHU de Liège [www.coma.ulg.ac.be](http://www.coma.ulg.ac.be)) ont démontré que des patients avec des dommages très sévères du cerveau, et qui présentent peu de signes extérieurs de perception ou de compréhension, peuvent ressentir la douleur et même avoir un degré de conscience. Dès lors, de meilleures méthodes d'évaluation de la conscience chez ces patients pourraient aider les médecins à mieux les traiter et préciser leur pronostic ; elles pourraient aussi donner aux familles une indication sur le fait de savoir si leur proche est conscient ou non de leurs visites. Boyle et Laureys ont mis sur pied un nouveau « test de la conscience » décrit dans la revue Science de ce 13 mai.



Mélanie Boly, PhD, Steven Laureys, MD PhD,  
Centre de recherches du Cyclotron et Service de neurologie,  
ULg  
CHU de Liège  
[mboly@ulg.ac.be](mailto:mboly@ulg.ac.be),  
[steven.laureys@ulg.ac.be](mailto:steven.laureys@ulg.ac.be)

++ [www.science.com](http://www.science.com)

++ [www.ulg.ac.be/webtv/testconscience](http://www.ulg.ac.be/webtv/testconscience)



## ONDE DE CHOC EN DIRECT

Emmanuel Hanert et son équipe ont produit des simulations du tsunami qui a touché les côtes japonaises le 11 mars 2011. Ces simulations illustrent la propagation du tsunami vers les côtes japonaises ainsi qu'à travers l'Océan Pacifique.

Emmanuel Hanert, PhD  
Earth and Life Institute - ELI, UCL  
Emmanuel.Hanert@uclouvain.be

++ [www.youtube.com/watch?v=Opclat9Z4zY](http://www.youtube.com/watch?v=Opclat9Z4zY)  
++ [www.youtube.com/watch?v=iNeShue8hUU](http://www.youtube.com/watch?v=iNeShue8hUU)

## ERRATUM

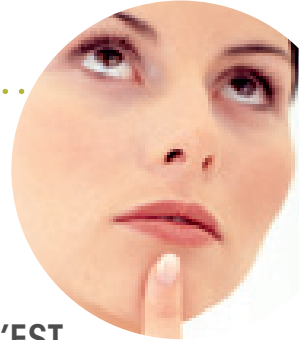
Une erreur s'est glissée dans les listes des projets Télévie financés en 2009. La version corrigée se trouve sur notre site [www.frs-fnrs.be/flip](http://www.frs-fnrs.be/flip)

## SATURNE ET ENCELADE : UN DUO LUMINEUX

Un satellite naturel ne gravite pas autour de sa planète dans la plus totale indifférence : le couple est en réalité en permanente interaction gravifique, mais aussi électromagnétique. Dans certains cas, ce couplage se rend visible, sous forme d'une magnifique traînée lumineuse, appelée aurore, qui se déploie dans l'atmosphère de la planète, alors que son origine est à rechercher du côté de son satellite. La revue Nature publie les premières images d'empreinte aurorale d'Encelade sur Saturne, obtenues avec la sonde spatiale Cassini. Trois chercheurs du Laboratoire de Physique Atmosphérique et Planétaire (LPAP) de l'ULg participent à cette aventure : le professeur Jean-Claude Gérard ainsi que les chercheurs Denis Grodent et Jacques Gustin.

Jean Claude Gérard, PhD  
Département d'Astrophysique, Géophysique, et Océanographie -AGO, ULg  
JC.Gerard@ulg.ac.be

++ [www.nature.com](http://www.nature.com)



La testostérone induirait une masculinisation du cerveau et du comportement chez les mâles.

## L'HOMME N'EST PLUS FEMME « PAR DÉFAUT »

La plupart de nos idées sur la différenciation sexuelle du cerveau humain viennent de la recherche sur les modèles animaux. Ces études ont montré que l'exposition aux hormones sexuelles pendant le développement embryonnaire constitue probablement le facteur le plus important dans la différenciation sexuelle du cerveau. En fait, la testostérone induirait une masculinisation du cerveau et du comportement chez les mâles. Il est généralement admis que la différenciation sexuelle du cerveau mammalien conduit spontanément au cerveau féminin, c'est-à-dire qu'en l'absence de testostérone, les caractéristiques neurales et comportementales féminines se développent. Cependant, l'équipe de Julie Bakker, Chercheur qualifié F.R.S.- FNRS vient de démontrer que le cerveau femelle se développe sous influence des œstrogènes pendant une période postnatale, juste avant la puberté. Ces données donc évoquent que la théorie classique de la différenciation sexuelle soit révisée, car le développement du cerveau féminin ne se déroule pas « par défaut ».

Julie Bakker, PhD  
GIGA Neuroscience, ULg  
jbakker@ulg.ac.be

++ [www.jneurosci.org](http://www.jneurosci.org)

## PRIX FRANQUI 2011



Cette récompense prestigieuse et internationalement reconnue, qu'est le Prix Francqui, est attribuée chaque année par la Fondation Francqui à un scientifique pour son travail innovateur. Cette année, le Prix Francqui couronne un travail portant sur les sciences biologiques et médicales. Le lauréat du Prix Francqui 2011 est le professeur Pierre Vanderhaeghen. Directeur de recherches F.R.S.- FNRS à l'IRIBHM (ULB), le Prof. Vanderhaeghen a convaincu le jury du Prix Francqui avec ses recherches portant sur les mécanismes du développement cérébral et de leur évolution chez l'homme. Des travaux qui ont notamment permis de générer pour la première fois du cortex cérébral à partir de cellules souches embryonnaires pluripotentes. Cette découverte devrait faciliter grandement l'étude de maladies neurologiques, le développement de nouveaux traitements et, à plus long terme, des perspectives de réparation du cortex cérébral.

Pierre Vanderhaeghen, MD PhD  
l'Institut de recherche interdisciplinaire en biologie humaine et moléculaire - IRIBHM, ULB  
pierre.vanderhaeghen@ulb.ac.be

++ [www.francquifoundation.be](http://www.francquifoundation.be)

## PRIX INBEV-BAILLET LATOUR 2011



Prof. J.-L. Casanova



Prof. D. Cataldo

Jean-Laurent Casanova, Professeur au Rockefeller University à New York et à l'hôpital pédiatrique Necker de Paris s'est vu remettre le Prix Inbev-Baillet Latour de la santé pour son travail original et novateur dans le domaine des maladies infectieuses chez l'enfant. D'un montant de 250 000€, ce prix scientifique est le plus important de Belgique.

Le Prix InBev Baillet Latour pour la Recherche Clinique a été attribué, en communauté française, à Didier Cataldo, Chercheur qualifié honoraire F.R.S.- FNRS et Professeur à l'ULg. Celui-ci a été sélectionné par un jury composé par le F.R.S.- FNRS pour sa recherche en pneumologie visant à mieux comprendre la pathogénie de plusieurs maladies de l'appareil respiratoire et plus particulièrement l'asthme.

++ [www.inbevbaillatour.com](http://www.inbevbaillatour.com)

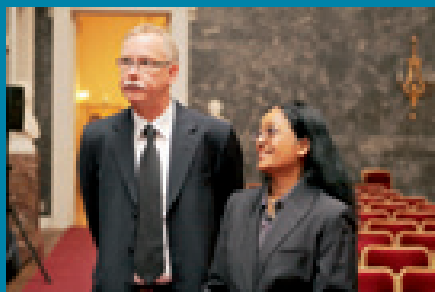
NOUS  
CHERCHONS  
TOUS QUELQUE CHOSE,  
LES 2500 CHERCHEURS DU  
F.R.S.-FNRS TROUVENT DES  
SOLUTIONS DANS TOUS LES  
DOMAINES DE LA SCIENCE

AIDEZ-LES, AIDEZ-VOUS

001-6000000-44

## FONDATION VAN GYSEL

Franz-Urich Hartl, Professeur au Max-Planck-Institut für Biochemie de Munich (D), a été récompensé par le Prix de la Fondation Van Gysel pour la recherche médicale en Europe. Ce chercheur a résolu un des problèmes les plus fondamentaux de la biologie, à savoir, le repliement des protéines. Ses découvertes ont suscité de nouvelles approches pour le développement de médicaments qui traitent les maladies neurodégénératives.



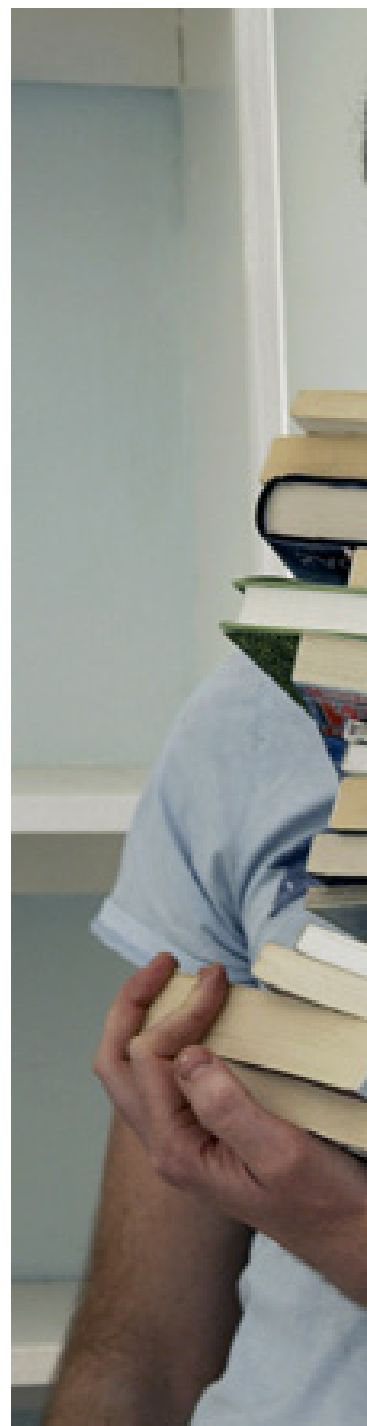
## PRIX



**Nicolas Chamel**, Chercheur qualifié F.R.S.- FNRS à l'Institut d'Astronomie et d'Astrophysique (ULB) est le lauréat 2011 du Prix Adolphe Wetrems en Sciences mathématiques et physiques de l'Académie royale de Belgique. Ce prix couronne son travail sur l'étude des propriétés de la matière dans des environnements astrophysiques extrêmes tels que le cœur des supernovae et l'intérieur des étoiles à neutrons



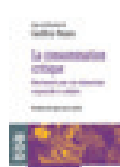
**Alessandra Kupper Cardozo**, Chercheur qualifié F.R.S.- FNRS au Laboratoire de Médecine Expérimentale (ULB) est la lauréate du Prix Sanofi-Aventis pour son travail sur « MCL-1 Degradation by Pro-inflammatory Cytokines and Palmitate is an Early and Major Event for Beta cell Apoptosis. »





 **À LIRE**

**La Consommation critique**



Le consommateur serait-il cet acteur tant attendu, capable d'introduire des considérations éthiques dans un monde dominé par la dérégulation des marchés ? Sur la base de recherches ethnographiques, des chercheurs de cinq pays mettent en évidence les innovations, mais aussi la continuité historique dans laquelle s'inscrivent ces acteurs.

**La consommation critique- Mouvement pour une alimentation responsable et solidaire** – Coordonné par Geoffrey Pleyers (Chercheur qualifié F.R.S.- FNRS/UCL), ed. Desclée de Brouwer, coll. Solidarité et société, 2011

**Famille et travail**



Cet ouvrage se propose d'analyser la relation entre le travail rémunéré et la famille en privilégiant une entrée par la profession. Nous montrons quel rôle les appartenances et les milieux professionnels jouent dans le vécu et la gestion de cette articulation.

**Articuler vie professionnelle et vie familiale** – Bernard Fusulier (Chercheur qualifié F.R.S.- FNRS/UCL), ed Presses Universitaires de Louvain, coll. iDoc.com, 2011

**La démocratie multiculturelle**



Sans céder à un multiculturalisme béat, ce livre plaide en faveur d'une citoyenneté multiculturelle partagée au sein d'un système démocratique capable de combiner unité et diversité

**La démocratie multiculturelle – citoyenneté, diversité, justice sociale** – Marco Martiniello (Directeur de recherches F.R.S.- FNRS/ULg) ed. ScieincesPo.Les Presses, coll. La bibliothèque du citoyen, 2011

**AGENDA**

<b>Taxation, Transfers and the Labour Market</b>	<b>16-17 juin</b>	Louvain-La-Neuve	Bruno.vanderlinden@uclouvain.be www.uclouvain.be/en-362955.html
<b>XIV European Congress of Ichthyology</b>	<b>3-8 juillet</b>	Liège	e.parmentier@ulg.ac.be www.ulg.ac.be/morfonct/ www.eci-14.ulg.ac.be
<b>La Chimie au Jardin des Plantes</b>	<b>13 juillet au 10 octobre</b>	Paris, France	www.jardindesplantes.net/ la-chimie-au-jardin-des-plantes
<b>Executive Summary : 2011 CMS week, Brussels</b>	<b>11-15 septembre</b>	Bruxelles	bclerbau@ulb.ac.be cmsweek2011.ihe.ac.be
<b>Autoimmunity : From Bench to Bedside</b>	<b>18 novembre</b>	Hasselt	vgeenen@ulg.ac.be
<b>Biodiversity</b>		Bruxelles	Musée d'Histoire Naturelle www.sciencesnaturelles.be/museum/biodiversity



# Record absolu : 8 212 537 euros

On l'a dit et redit: sans le Télévie, en Fédération Wallonie-Bruxelles, la recherche sur le dépistage, le traitement ou l'accompagnement des patients atteints du cancer et, en particulier, de la leucémie, se viderait de la moitié de ses chercheurs. C'est pourquoi, au fil de ses 23 années d'existence, l'opération Télévie s'est imposée comme une véritable nécessité.



Prof. Bernard Rentier (Ulg),  
président du F.R.S.-FNRS

Et pourtant, si elle est soutenue par le F.R.S.-FNRS et par une formidable mobilisation au sein des équipes de RTL-TVI et de Bel-RTL, elle dépend en définitive d'un énorme élan de générosité populaire, avec ce que ça peut impliquer d'aléatoire, en principe.

Mais si l'apothéose a lieu lors de la traditionnelle grande soirée du Télévie, c'est bien du travail de toute une année qu'il s'agit. Car la préparation recommence dès le lendemain, pour les équipes d'RTL, pour les chercheurs et pour les dizaines d'associations qui organisent des activités dans toute la Communauté et au Grand Duché de Luxembourg, qui bouillonnent d'idées et qui déploient une énergie pour cette opération qui force l'aspiration. Pendant toute l'année, les chercheurs se réunissent et élaborent quantités de projets, souvent pédagogiques, visant à expliquer au public la nature même de leur recherche. Durant les premières années, cette approche fut très controversée. Car

enfin, ne valait-il pas mieux que les chercheurs cherchent ? La réponse vint rapidement et naturellement. Si savoir ce que les chercheurs font et en quoi cela fait avancer la lutte contre ces épouvantables maladies est important pour convaincre le public de contribuer activement, exposer leur travail à des profanes est, pour les chercheurs, un exercice salutaire. En outre, pour eux, prendre conscience de l'importance de transmettre leurs connaissances constitue une expérience personnelle dont tous s'accordent à reconnaître le caractère positif.

Alors voilà. C'est là tout le secret du Télévie. Tout le monde y croit et la magie opère chaque année à nouveau. Et tout le monde y gagne, mais surtout la Recherche.

## Des moyens doublés, des réalisations essentielles

Cette année encore ce sont 8 212 537 euros qui ont été remis au F.R.S.-FNRS lors de la soirée du 7 mai diffusée en direct et suivie par des milliers de téléspectateurs. La recherche fondamentale est devenue bien plus qu'une lueur d'espoir pour des milliers de malades, et ce grâce au Télévie et à une mobilisation toujours grandissante qui permet de financer des projets. Le Télévie a doublé les moyens mis à la disposition de nos équipes de recherche en oncologie : sur 23 ans il a déjà permis le financement de 1.461 programmes de recherche, l'octroi de 1.466 bourses et mandats et des centaines de publications internationales.

Mais il a surtout rendu possibles quelques réalisations importantes parmi lesquelles :

- registre des donneurs de moelle et de cellules souches enrichi de près de,

Bernard Rentier



# 1461

programmes de  
recherches financés  
en 23 ans

« LA RECHERCHE FONDAMENTALE EST DEVENUE BIEN PLUS QU'UNE LUEUR D'ESPOIR POUR DES MILLIERS DE MALADES, ET CE GRÂCE AU TÉLÉVIE ET UNE MOBILISATION TOUJOURS GRANDISSANTE QUI PERMET DE FINANCER DES PROJETS »



## 2011 REND HOMMAGE AUX BÉNÉVOLES

En date du 27 novembre 2009, le Conseil de l'Union européenne a décidé que 2011 serait l'« Année européenne des activités de bénévolat pour la promotion de la citoyenneté active ». L'organisation de l'année européenne en faveur du bénévolat avait été proposée par la Commission européenne et a reçu un avis positif du Parlement européen. Par le biais de cet événement, ce sont tous les bénévoles œuvrant pour le Télévie qui sont mis à l'honneur.

L'Année européenne du Bénévolat vise, de manière générale, les objectifs suivants: œuvrer à la mise en place d'un cadre propice au bénévolat, soutenir les organisations de bénévoles dans leur volonté d'améliorer la qualité du bénévolat, récompenser et reconnaître les activités dans les domaines les plus divers du bénévolat, sensibiliser l'opinion publique à la valeur et l'importance du bénévolat. Cette initiative européenne est une belle reconnaissance pour tous les bénévoles du Télévie qui se mobilisent depuis 23 ans pour faire avancer la recherche fondamentale et vaincre le cancer.

Christel Buelens



Année européenne du volontariat 2011

- la création de la banque de plus de 10.000 sangs de cordon ombilical, sources de cellules souches,
- un meilleur contrôle des greffes de cellules souches permettant d'éviter les complications,
- la caractérisation d'un nouveau type de cellulaire, les cellules souches mésenchymateuses. Celles-ci sont utilisées pour faciliter la prise de certaines greffes de cellules souches hématopoïétiques ou d'organes solides. Elles représentent un grand espoir en médecine régénérative,
- la mise sur pied des plates-formes technologiques permettant d'affiner le diagnostic en vue de l'élaboration de traitements plus efficaces,
- l'intégration dans des protocoles de traitement internationaux garantissant aux malades l'accès aux traitements les plus performants comme, récemment, les médicaments dits « intelligents » aux effets ciblés,
- la mise au point des tests de biologie moléculaire qui permettent, après un

traitement, de suivre d'une façon très précise l'évolution de la leucémie, et d'aller « à la recherche de la maladie résiduelle » qui prédit souvent la survenue d'une récurrence.

Le Télévie c'est avant tout faire avancer la recherche fondamentale, la meilleure arme contre le cancer. Mais la recherche a un prix et sans la générosité de tous

jamais les chercheurs n'auraient pu atteindre le niveau d'excellence qu'est le leur aujourd'hui. Les dons, donations et legs sont un complément indispensable pour la recherche fondamentale et une garantie que chaque patient ait accès aux traitements les plus innovants et les plus adaptés.

Christel Buelens



Pour en savoir plus :  
[www.frs-fnrs.be](http://www.frs-fnrs.be)  
[www.televie.be](http://www.televie.be)



# L'histoire de la chimie est indissociable de l'histoire humaine

Bien avant d'avoir compris les mécanismes, l'Homme employait des techniques permettant de modifier la nature même des éléments, ce qui est propre au phénomène chimique. Il y a 12 500 ans environ, les peuples Jomons (Japon) maîtrisaient la céramique, le premier art du feu. Deux mille ans plus tard, se développent, en Mésopotamie, les premiers essais de la métallurgie. Si la vocation première répond aux besoins de la population et des dirigeants permettant d'asseoir leur pouvoir par des techniques nouvelles, l'Homme a tenté néanmoins de percer les secrets de la matière. Les premières expériences alchimiques, dont on a retrouvé les traces en Chine, datent du 4<sup>e</sup> siècle avant notre ère. En Occident, elle apparaît plus tardivement en Egypte ptolémaïque (-100 à +300) et est reprise dans le monde arabe pour se transmettre en Europe dès le Moyen-Âge. L'objectif est autant de comprendre que de dénaturer un produit noble, ce qui permet de contrefaire des monnaies ou de transformer de vils produits en or, par exemple. Encore une fois, elle sert principalement aux desseins de quelques-uns et demeure donc secrète.

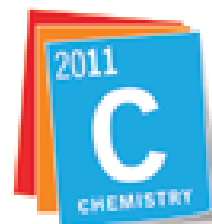
La chimie ne naît pas avec Antoine Laurent de Lavoisier (1743-1794). Cependant, il lui donne une aura sans précédent. Non seulement il détermine par des démonstrations scientifiques la nature de la réaction

chimique, comme la combustion, mais en plus, il assure une diffusion de son savoir par des publications, permettant ainsi à ses contemporains de reproduire ses propres expériences. Précédant de peu la Révolution française, Lavoisier est à l'origine d'une véritable révolution scientifique, sortant les techniques (al) chimiques de leur empirisme entre pratiques occultes et mystères sacrés.

Une centaine d'années après Lavoisier, Marcelin Berthelot (1827-1907) s'exprimait, en 1894 dans un discours à la Chambre syndicale des produits chimiques sur sa vision de l'an 2000. « Dans ce temps-là, il n'y aura plus dans le monde ni agriculture, ni pâtres, ni laboureurs : le problème de l'existence par la culture du sol aura été supprimé par la chimie ! Il n'y aura plus de mines de charbon de terre, ni d'industries souterraines [...] Déjà nous avons vu la force des bras humains remplacée par celle de la vapeur, c'est-à-dire par l'énergie chimique empruntée à la combustion du charbon ; mais cet agent doit être extrait péniblement du sein de la terre, et la proportion en diminue sans cesse. Il faut trouver mieux. Or le principe de cette invention est facile à concevoir : il faut utiliser la chaleur solaire, il faut utiliser la chaleur centrale de notre globe. [...] Ce que les végétaux ont fait jusqu'à

présent, à l'aide de l'énergie empruntée à l'univers ambiant, nous l'accomplissons et nous l'accomplirons bien mieux, d'une façon plus étendue et plus parfaite que ne le fait la nature : car telle est la puissance de la synthèse chimique. Un jour viendra où chacun emportera pour se nourrir sa petite tablette azotée, sa petite motte de matière grasse, son petit morceau de féculé ou de sucre, son petit facon d'épices aromatiques, accommodés à son goût personnel ; tout cela fabriqué économiquement et en quantités inépuisables par nos usines ; tout cela indépendant des saisons irrégulières, de la pluie, ou de la sécheresse, de la chaleur qui dessèche les plantes, ou de la gelée qui détruit l'espoir de la fructification ; tout cela enfin exempt de ces microbes pathogènes, origine des épidémies et ennemis de la vie humaine. »

Berthelot pressent l'intérêt de l'énergie solaire, de la géothermie ou d'une amélioration de l'obtention de moyens de subsistance non pas pour le profit de quelques-uns, mais pour combattre les famines et les épidémies. Il voyait aussi dans ces progrès la possibilité pour tout le monde de trouver un travail dans la dignité. Plusieurs étapes ont déjà été franchies, reste à poursuivre le chemin dans cette direction...



International Year of  
**CHEMISTRY**  
2011



# De la cuisine à l'atmosphère: la chimie est partout!

Année internationale oblige, la chimie est à la fête. Souvent méconnue ou crainte, elle compose pourtant nos objets du quotidien. Elle est aussi dans nos assiettes et dans l'atmosphère et se prend même pour Cupidon.

$10^{26}$

réactions chimiques ont lieu chaque seconde dans notre corps!

«  $10^{26}$  réactions chimiques ont lieu chaque seconde dans notre corps! Les vêtements que nous portons sont issus de la chimie. Le siège sur lequel nous sommes assis aussi. Le sol, les bâtiments qui nous entourent de même. Tout est chimie! », explique Cécile Moucheron co-responsable du département de Chimie organique et Photochimie et responsable du Centre Universitaire de didactique pour l'enseignement de la chimie (CUDEC) à l'ULB. Et de s'étonner: « Certains produits sont vendus avec la mention « sans substances chimiques », ça ne veut rien dire! ».

## Tout commence à l'école

Jean-Marie Lehn, lauréat du prix Nobel de chimie en 1987, rappelle qu'« un monde privé de chimie serait un monde sans matériaux synthétiques, donc sans téléphone, sans ordinateur, sans cinéma, sans tissus synthétiques. Ce serait aussi un monde sans aspirine, sans savon, sans shampoing, sans dentifrice, sans cosmétiques, sans pilules contraceptives, sans papier donc sans journaux, livres, sans colles, sans peintures... ». La chimie reste pour certains effrayante. « Le souci est qu'au niveau des médias, on ne cite la chimie que pour ses aspects négatifs; quand il y a des accidents. C'est dommage, car il est difficile de lutter contre ce phénomène et cela fait que les gens fuient le nom « chimie », les étudiants délaissent cette filière... », déplore-t-elle. Pour sensibiliser les jeunes des écoles primaires et secondaires à la chimie, des activités sont mises en place par l'équipe de CUDEC dirigée par Cécile Moucheron. Les élèves peuvent alors réaliser par eux-mêmes du savon, du dentifrice, comprendre le principe de la photosynthèse, modéliser la séquestration de  $\text{CO}_2$ ... et se rendre compte que la chimie est bel et bien présente partout.

## « CERTAINS PRODUITS SONT VENDUS AVEC LA MENTION « SANS SUBSTANCES CHIMIQUES », ÇA NE VEUT RIEN DIRE! »

### Cuisine d'avant-garde

Etrangement, ces dernières années, c'est dans les restaurants que la chimie fait parler d'elle avec la cuisine moléculaire, que les chefs préfèrent qualifier de cuisine d'avant-garde. Celle-ci se définit par l'introduction en cuisine de principes physico-chimiques et par l'étude des phénomènes culinaires d'un point de vue scientifique. « Un jour des scientifiques ont eu l'idée d'utiliser les produits de l'agro alimentation en cuisine, explique le chef bruxellois Sergio Moschini. En effet, comme ce sont des ingrédients normalement manipulés par des ingénieurs, c'est mieux d'avoir des bases en chimie pour pouvoir comprendre à quelle température se produit telle réaction ou pourquoi telle substance réagit de telle manière. Si l'on ne comprend pas ça, on ne peut pas créer », poursuit-il.

### La chimie des arômes

En Communauté française, les chercheurs s'intéressent aussi à la chimie des odeurs et des arômes. Ainsi, Sonia Collin, Professeur ordinaire de l'« Earth and Life Institute » à l'UCL, étudie l'évolution des saveurs. Son laboratoire développe des outils méthodologiques nécessaires à la prédiction et à l'optimisation de la conservation de la qualité organoleptique des aliments. « On oublie souvent que les aliments sont constitués de composés chimiques, que la chimie est là et qu'elle continue d'évoluer dans l'emballage. Même s'ils ne sont pas toxiques directement, les aliments perdent très vite leurs propriétés organoleptiques », souligne la chercheuse. Spécialisée, entre autres, en brasserie, le laboratoire tente d'identifier les mécanismes qui génèrent des défauts odorants, de résoudre les problèmes de conservation des bières spéciales ou encore de comparer les variétés de houblon pour voir ce qu'ils produisent comme propriétés. Mais les recherches portent aussi sur le vin et le cacao. « Il est intéressant de voir que des molécules qui constituent des défauts en brasserie sont appréciées dans le vin par exemple », s'enthousiasme Sonia Collin.

### La chimie régule l'atmosphère

Si la chimie est au cœur de notre alimentation, elle est aussi tout autour de nous, au centre du système atmosphérique. « Un composé va être émis de façon naturelle ou par l'homme. Il va ensuite

être oxydé par l'atmosphère et donc être modifié chimiquement. Ensuite, il y a transport et finalement il va se redéposer ailleurs ; généralement sous une autre forme », explique Pierre-François Coheur, Chercheur qualifié F.R.S.- FNRS, au sein du Laboratoire de chimie quantique et photophysique de l'ULB. « L'atmosphère est comme un laboratoire. Certains composés se détectent facilement comme les gaz à effet de serre, mais quand on s'intéresse à la chimie, on étudie des gaz plus réactifs, qui sont moins concentrés, car ils n'ont pas le temps de s'accumuler », raconte-t-il.

A la frontière entre chimie et physique, Pierre-François Coheur utilise la télédétection spatiale pour une « étude fondamentale des atomes et des molécules dans la couche gazeuse », précise-t-il. Grâce à l'instrument français IASI (Infrared Atmospheric Sounding Interferometer) (<http://smc.cnes.fr/IASI/>) se trouvant à bord du satellite météorologique MetOp, les chercheurs obtiennent deux fois par jour des données sur la composition de l'atmosphère. L'année passée, ils ont ainsi suivi le panache de cendres qui se déplaçait au-dessus de l'Europe suite à l'éruption du volcan islandais Eyjafjallajökull qui avait paralysé l'aviation européenne. « Le but est de quantifier les polluants et de suivre leur évolution. Comment les composants se modifient-ils au fur et à mesure du transport et comment deviennent-ils toxiques ? », questionne Pierre-François Coheur. Avec des collègues français, l'équipe de Pierre-François Coheur a également établi la première cartographie de l'ammoniac qui est utilisé principalement par l'agriculture.

### Lutte chimique, mais pas toxique

François Verheggen, chercheur au laboratoire d'Entomologie fonctionnelle et évolutive de l'ULg, étudie les messages chimiques véhiculés par certains insectes. « Nous nous intéressons aux ravageurs de cultures afin de mettre au point une lutte biologique », explique-t-il. De quoi offrir une alternative aux pesticides. Pour ce faire, les chercheurs se servent des phéromones. Les insectes en utilisent différents types : pour réunir leurs congénères autour d'une source de nourriture (phéromone d'agrégation), pour les attirer (phéromone sexuelle) ou encore pour les avertir d'un danger (phéromone d'alarme). Les chercheurs doivent

## IL Y A DE L'AMOUR DANS L'AIR

Dans *La Chimie de l'amour*. Quand les sentiments ont une odeur, Hans Hatt, professeur de biologie cellulaire à l'université de Bochum et Regine Dee, journaliste scientifique nous démontrent l'importance de notre odorat. Faisant appel à la chimie et à la biologie, le livre aborde le monde de la parfumerie, l'alimentation, l'amour... Les auteurs expliquent ainsi qu'à côté de l'aspect physique d'un individu, c'est surtout son « empreinte olfactive » qui aide une femme à choisir le bon candidat. « Cette odeur est produite par les glandes apocrines et transformée par les micro-organismes de la peau en une odeur spécifique à chaque individu ». Un peu à l'image des phéromones, ces messages chimiques utilisés par les animaux. Quant aux parfums, comment combine-t-on au mieux les différents arômes en sachant que « les parfumeurs disposent aujourd'hui de quelque 200 substances naturelles et de plus de 2000 molécules de synthèse » ? Saviez-vous qu'un parfum « comprend même parfois des notes de sueur et de matières fécales » ? Les publicitaires ont compris l'importance de l'odorat eux qui « après avoir saturé nos yeux et nos oreilles, s'en prennent à notre nez, qui semble être la nouvelle porte d'entrée sur la forteresse de notre inconscient ». Pour terminer, les auteurs abordent certaines recherches en cours comme celles qui consistent à élaborer des tissus anti-odeurs. Le principe ? « Emprisonner les mauvaises odeurs et les neutraliser à l'aide de molécules cyclodextrines ». A l'avenir, nous pourrions aussi porter des sous-vêtements autobronzants, des T-shirts « vitaminés » censés stimuler les sportifs...

Violaine Jadoul

HATT H., DEE Regine, *La chimie de l'amour*.

Quand les sentiments ont une odeur, CNRS Editions, Paris, 2009.

donc identifier les molécules ainsi diffusées dans l'air et leur fonction. L'enjeu est d'éloigner les insectes en utilisant le message de danger par exemple ou de les attirer ailleurs par la phéromone d'agrégation.

Et qu'en est-il des phéromones chez les humains ? « Actuellement, il n'y a pas eu d'identification, mais des indications laissent à penser qu'il pourrait y en avoir. Il faut rappeler que l'odorat n'a pas été privilégié chez l'humain puisque ses autres sens sont très développés. La phéromone sexuelle est très prisée par le privé. Dans le règne animal, elle est importante pour qu'il y ait un mélange des genres. Si elle existe chez l'humain, cela témoignerait d'une adaptation en vue de trouver le

partenaire avec le meilleur patrimoine génétique possible. », conclut François Verheggen. Quand on vous disait que la chimie était partout...

« La chimie, c'est la vie. Elle est le lien avec toutes les autres sciences, notamment lorsqu'elle cherche à comprendre les éléments constitutifs de la matière, l'énergie et les composantes mêmes de la vie » rappelle Irina Bokova, Directrice générale de l'UNESCO. Poursuivre la recherche en chimie et diffuser ses apports en termes de développement durable à l'échelle mondiale constituent aujourd'hui des enjeux de première importance

Violaine Jadoul



### VIDÉOS : DOUZE MOIS POUR LA CHIMIE

Sur internet, découvrez le calendrier de la chimie créé à l'occasion de cette année internationale de la chimie. Il consiste en une vidéo thématique par mois qui illustre le lien entre la chimie et l'art, le sport, la mode, l'amour... Dans un langage accessible et sur un ton dynamique, les deux journalistes nous emmènent à la montagne pour comprendre le principe du Gore-Tex, au cœur d'une forêt pour suivre la fabrication du papier... Les vidéos sont en anglais, sous-titrées en français. [www.moleclues.org/chemistry-calendar](http://www.moleclues.org/chemistry-calendar)

Pour en savoir plus : [www.moleclues.org/chemistry-calendar](http://www.moleclues.org/chemistry-calendar)



[www.ulb.ac.be/sciences/cudec](http://www.ulb.ac.be/sciences/cudec) - [www.uclouvain.be/inbr](http://www.uclouvain.be/inbr)  
[www.ulb.ac.be/cpm/](http://www.ulb.ac.be/cpm/) - [www.fsgx.ac.be/zg/](http://www.fsgx.ac.be/zg/)



27%

des chercheurs dans  
le monde sont des  
chercheuses...

# Les femmes et la science

## La chimie, pas une affaire de femmes ?

Trois femmes ont reçu le prix Nobel de Chimie depuis sa création. Trois seulement, dont Marie Curie. On fête d'ailleurs cette année le centième anniversaire de cette consécration d'une femme d'exception. Mais pourquoi donc les filles sont si peu représentées dans les carrières de chercheuses, notamment en chimie ? Est-ce parce qu'elles sont moins attirées par cette spécialité ? Parce qu'elles s'en sentent moins capables ? Parce qu'elles réussissent moins bien ? Parce que la carrière de chercheuse est moins compatible avec une vie de famille ?



Il faut bien l'avouer : si l'on demande à quiconque de citer les noms de grandes femmes scientifiques, rares seront ceux qui pourront en citer plusieurs ; qui plus est si l'on demande les noms de grandes chimistes... Elles ont été trois à néanmoins remporter le prix Nobel dans cette spécialité : Dorothy Hodgkin a ouvert le bal en 1910, suivie l'année suivante par Marie Curie, déjà primée avec son époux Pierre et Henri Becquerel en 1903 en physique ; la troisième lauréate n'est autre que la fille de Pierre et Marie Curie, Irène Joliot-Curie en 1935. Depuis, plus de femmes...

### Parcours difficile pour les femmes

Pourtant, il ne faut pas croire que l'accès à ces études scientifiques était plus facile en ces temps-là ! Maria Sklodowska – nom de jeune fille de Marie Curie – l'a appris à ses dépens... Elle a bien obtenu un diplôme de physique en 1893 à la Sorbonne dans une faculté encore très largement masculine (les étudiantes étant majoritairement étrangères...), a travaillé dans un laboratoire, étudié les mathématiques, mais déclarait à son amie Kazia : « Figure-toi que j'apprends la chimie dans un livre ! Tu imagines le peu que cela m'apporte, mais que faire, puisque



## PRESTIGE ET POUVOIR : UN « TRUC D'HOMME » ?

Les hommes davantage mis en avant pour leur carrière scientifique, c'est un fait, comme le souligne le rapport de l'ETAN<sup>(3)</sup> qui affirme, page 25 : « Le fait est que peu de femmes qui parviennent à se hisser au niveau d'une chaire de professeur ont des enfants. Comme pour de nombreuses professions à haute qualification, tout semble se jouer dans la trentaine. Les promotions dépendent énormément du nombre de publications. Si, entre trente et quarante ans, on ne s'est pas entièrement consacré à son métier – ce qui arrive essentiellement à des femmes –, on risque de s'en trouver fortement désavantagé. Si l'on veut changer cette situation, il faudra prendre le temps d'inciter les femmes à présenter leur candidature ; il faudra également accorder plus de crédit à la qualité des publications qu'à leur quantité et ne pas pénaliser les personnes qui mettent plus longtemps que d'autres à atteindre le seuil professionnel requis. Tout cela est possible, si on le veut. Mais le veulent-ils ? », citant un éditorial paru dans *The Times Higher Education Supplement*, le 28 mai 1999. Il est vrai que le prestige et les perspectives de carrière attirent davantage les hommes<sup>(2)</sup>.

Carine Maillard



**« MILEVA MARIC,  
ÉPOUSE DU GRAND  
ALBERT EINSTEIN,  
MATHÉMATICIENNE  
ET PHYSICIENNE,  
A TRÈS LARGEMENT  
INSPIRÉ LA  
FAMEUSE FORMULE  
MATHÉMATIQUE DE  
LA RELATIVITÉ QUI  
VALUT À EINSTEIN LE  
PRIX NOBEL... »**

je n'ai pas où faire des travaux pratiques et des expériences. »<sup>(1)</sup>. En 1903, Marie Curie soutient, à la Sorbonne, sa thèse de doctorat dédiée déjà à la recherche sur les substances radioactives. Elle était alors la première femme à présenter une thèse en sciences physiques à l'Université de Paris. Thèse qui sera d'ailleurs traduite en plusieurs langues...

Car les femmes n'étaient pas les bienvenues dans les domaines intellectuels et scientifiques, monopolisés par les hommes. Heureusement, Maria avait les épaules et le caractère pour lutter contre les préjugés de ses collègues et supérieurs, mais aussi le soutien de son mari ; son professionnalisme a fait le reste. Quant Pierre est décédé accidentellement en 1906, c'est elle qui sera désignée pour reprendre son poste de professeur à l'Université de Paris. Ce poste prestigieux et pionnier pour une femme exercera d'ailleurs un effet d'aimant sur les filles qui vont croire en leurs chances de poursuivre et réussir elles aussi des études scientifiques.

1910 sera donc une consécration professionnelle, mais surtout personnelle puisqu'elle obtient seule ce prix Nobel de chimie, « en reconnaissance des services pour l'avancement de la chimie par la découverte de nouveaux éléments : le radium et le polonium, par l'étude de leur nature et de leurs composés ».

### Cherchez derrière le Nobel...

D'autres femmes ont aussi reçu des prix Nobel, mais peu en sciences : 2 en physique, 3 en chimie et 7 en médecine. Pourtant, les femmes n'ont jamais été bien loin des grands chercheurs. Le cas le plus significatif est certainement celui de Mileva Maric, épouse du

grand Albert Einstein. Cette mathématicienne et physicienne yougoslave a très largement inspiré la fameuse formule mathématique de la relativité qui valut à Einstein le prix Nobel... Pas peu reconnaissant, Albert est allé à Zurich lui remettre le montant du prix, reconnaissant par là sa contribution majeure... Il n'empêche : les livres d'histoire et de sciences n'ont retenu que le nom d'Einstein et son génie...

Autre exemple, Rosalind Franklin. Cette chercheuse a mis en évidence par diffraction des rayons X la forme hélicoïdale de l'ADN ; mais cette découverte sera publiée deux ans plus tard, en 1953, par Francis Crick, James B. Watson, et Maurice Wilkins dans une revue scientifique prestigieuse : *Nature*. A ce moment-là, le nom de Rosalind Franklin est associé à la découverte ; par contre, lors de la remise du prix Nobel de physiologie de 1962 qu'ils décrochèrent, les auteurs masculins seuls seront cités et primés.

D'autres exemples existent, dans de nombreuses disciplines, notamment scientifiques. Mais la participation des femmes aux progrès scientifiques est réelle, bien que – encore de nos jours – moins médiatisée.

### Forcer les portes de l'université

Au fil des décennies, la présence féminine a bien augmenté dans les facultés, les laboratoires et autres centres de recherche. Il y a un siècle, les femmes étaient quasi absentes des auditoriums des facultés de sciences ; aujourd'hui, même si la parité n'est pas encore d'actualité, la balance a tendance à lentement se rééquilibrer, mais avec de grandes disparités selon les spécialités. En médecine, leur entrée à l'université fut parfois plus que difficile. En 1881, en France,

Blanche Edward est reçue au concours pour son externat en médecine, ce qui lui valut de voir son effigie brûlée par des médecins Boulevard St-Michel à Paris... Aujourd'hui, chez nous, les filles sont même plus nombreuses que les garçons : d'après des chiffres de la rentrée 2007, elles étaient 53.5% inscrites en première année de médecine. En chimie, leur proportion semble stagner autour des 40%. Les filles constituent donc une proportion non négligeable de cette partie immergée d'un iceberg bien masculin...

Leur moins grande « aura » proviendrait-elle du fait que, bien qu'inscrites à l'université, elles y réussiraient moins ? Même pas ! Leur taux de réussite en première année de baccalauréat (anciennement la première candidature) est supérieur à celui des garçons.

Non, le problème se situe avant et après les études universitaires. Avant parce qu'elles sont moins dirigées vers les orientations « maths fortes », comme le démontrait un rapport de la Communauté française<sup>(2)</sup>. Ce phénomène s'accroît au fur et à mesure que le niveau d'étude des parents est bas : 30% des filles de parents n'ayant que le diplôme de l'enseignement secondaire s'inscrivent dans cette filière, contre 43% lorsqu'un parent au moins est universitaire. Néanmoins, comme le constatait cette même publication, « on assiste à un mouvement unique et cohérent de reproduction des rapports de pouvoir socio-économiques et sexuels »...

Et au moment de choisir l'orientation dans le supérieur, force est de constater des différences de motivations<sup>(2)</sup> : les garçons regardent davantage aux débouchés possibles offerts par le diplôme (56% contre 36% des filles), les rémunérations escomptées (45% contre 38%), et le prestige (32% contre 21%). Les filles, elles, affirment que l'utilité sociale de leur future carrière est essentielle (70% contre 58% des garçons). Sans compter que déjà, les filles adoptent

bien souvent une image stéréotypée de leur future vie, souhaitant – avant même d'être mariées – pouvoir concilier vie professionnelle et vie privée, ce qui est considéré comme particulièrement difficile dans le métier de chercheur... Ajoutez à cela des méthodes de recrutement entre « amis » ou un « peer review » moins favorable aux femmes, comme le dénonçait le rapport de l'ETAN (European Technology Assessment Network)<sup>(3)</sup>.

Alors, mesdemoiselles et mesdames, à l'heure où l'on ne cesse de parler de désaffection des jeunes pour la science, sachez que la science compte sur vous. Vous pourrez ainsi devenir des modèles pour les générations de filles qui suivent, et qui ne se diront plus que les sciences, c'est pas pour les filles !

Carine Maillard

#### Références

- (1) « Madame Curie », d'Éve Curie, Éd. Gallimard, 1938.
- (2) « Les études et la carrière scientifiques au féminin », in *Faits et Gestes*, janvier-mars 2004.
- (3) « Politiques Scientifiques dans l'Union européenne – intégrer la dimension du genre, un facteur d'excellence », Rapport du groupe de travail « femmes et sciences » du Réseau ETAN, disponible sur : [http://ftp.cordis.europa.eu/pub/improving/docs/g\\_wo\\_etan\\_fr\\_200101.pdf](http://ftp.cordis.europa.eu/pub/improving/docs/g_wo_etan_fr_200101.pdf)



### UN CHIFFRE !

27% des chercheurs dans le monde sont... des chercheuses !  
Chez nous, c'est un tout petit peu mieux, avec un tiers de femmes.  
Peut mieux faire !



# La chimie du futur face à ses défis...

« La prévision est difficile surtout lorsqu'elle concerne l'avenir », disait Pierre Dac. Nous avons demandé à Léopold Demiddeleer, chimiste et Directeur de l'entité « Future Business » de Solvay de se risquer à cet exercice périlleux, d'autant plus périlleux que les enjeux sont de taille : recherches et découvertes, exigences industrielles et préoccupations environnementales, développement économique et bien-être humain, il aborde avec réalisme ces défis d'aujourd'hui pour le monde de demain...

La chimie en tant que telle, par rapport à l'histoire, est une science jeune, même si l'homme a de tout temps fait de la chimie. « On doit l'apparition de la chimie en tant que science, notamment à Lavoisier, et la Révolution française, deux événements dont les liens ne doivent rien au hasard : libérer le savoir, c'est aussi libérer le peuple. Ce besoin de transmettre le savoir au plus grand nombre n'est d'ailleurs pas une notion obsolète. Dans l'industrie actuellement, nous voulons également permettre de confronter nos découvertes avec celles d'autres équipes de recherche appliquée, notamment par ce que l'on appelle 'Open innovation' ou

'innovation ouverte', explique Léopold Demiddeleer. Cette notion d'innovation ouverte a été promue par Henry Chesbrough de l'université de Berkeley. Elle se base sur l'utilisation de licence libre que l'on connaît bien sous le nom raccourci d'Open Source mais qui est cependant beaucoup plus large, reprenant les notions d'« Open Data, Open Source, Open Standards » (ODOSOS). « Nous vivons actuellement une autre révolution qui nous pousse à changer nos méthodes de travail sous forme de plateformes mutualisées et d'outils d'échange de savoirs et de savoir-faire. » Ceci n'est d'ailleurs pas incompatible avec la protection de la pro-

priété intellectuelle, mais demande effectivement de nouvelles méthodes de travail incluant le partage.

## Give and Get

Il serait d'ailleurs intéressant que ce partage ne concerne pas que les découvertes qui donnent des résultats, mais aussi celles, beaucoup plus fréquentes, qui aboutissent à des impasses. Cela permettrait à d'autres alors de ne pas rééditer les mêmes expériences menant à une perte de temps et d'argent. Or ceci est souvent compris comme un échec dont on a toujours un peu honte de parler. « Nous nous trouvons à un état d'équilibre



Léopold Demiddeleer,  
Directeur de l'entité  
« Future Business » de Solvay

délicat, car les responsables scientifiques et techniques des industries estiment que ce partage est nécessaire afin de poursuivre le travail de recherche. Toutefois, les structures de ces industries estiment que ce savoir leur appartient puisqu'ils y ont investi des sommes considérables. L'histoire semble donc se répéter plus de 200 ans après la Révolution française. » Ceci constitue donc un premier défi pour la chimie, défi qui ne lui est pas propre.

Une autre analogie que l'on peut trouver avec les « débuts » de la chimie se situe dans les rapports étroits entre recherche fondamentale et recherche appliquée. « Les deux se nourrissent mutuellement. Je remarque cela très souvent dans les relations entre l'industrie et les universités où chacun est un peu protectionniste. Ceci a probablement engendré beaucoup de retard dans la recherche et le développement de nouvelles découvertes. Or nous devons aller de l'avant. On pourrait se dire que la chimie est une science aboutie puisque nous sommes capables de produire toutes les combinaisons possibles entre atomes, sauf contradiction avec les lois fondamentales de la nature. Cependant, il nous reste encore beaucoup à découvrir au sujet des interactions de la chimie avec les autres sciences. Ces interrelations ont débuté il y a une cinquantaine d'années, mais les frontières avec la biologie, la physique et la médecine ne sont plus les mêmes. Il s'agit donc d'un deuxième défi pour la chimie. Biologistes, médecins, physiciens et chimistes doivent travailler de concert pour créer de nouveaux flux de découvertes. Les méthodes analytiques dont nous disposons aujourd'hui sont issues de la recherche en physique, en électronique, en mathématique, etc.

Il est important, pour chacun, de comprendre ce que nous faisons : un spectromètre n'est pas seulement une machine permettant de réaliser des analyses de pointe. Si un/une chimiste, un/une biologiste et un/une physicien/ne se trouvent autour du même appareil de mesure, ils vont plus que certainement réfléchir et, l'utiliser de manière totalement différente et s'ouvrir à différentes finalités en terme de mesure. Le troisième défi repose donc sur la découverte et la transmission d'un savoir translationnel orienté sur la résolution de problèmes.»

### Chercher ici et ailleurs

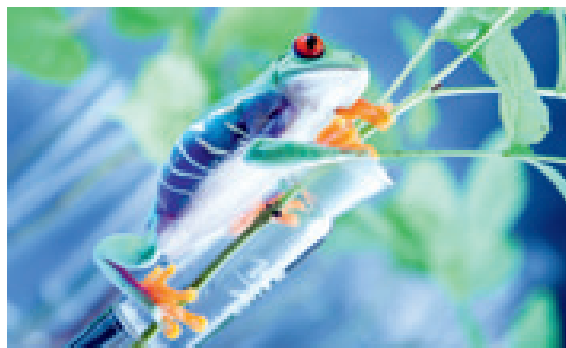
Comme Lavoisier nous l'a appris, « rien ne se perd, rien ne se crée... ». Or comme l'explique Léopold Demiddeleer, « nous vivons tous sur une seule planète et nous devons apprendre à gérer ses ressources. C'est un des problèmes auxquels la chimie – et pas seulement la chimie – de-

vra faire face dans un avenir très proche. La science chimique peut être capable très rapidement de répondre à un certain nombre de besoins comme celui de la nutrition ou de l'eau. Nous ne pouvons pas continuer à élargir le fossé entre les personnes qui possèdent ces biens en (trop) grandes quantités et ceux qui n'ont pas le minimum vital. C'est pour cette raison qu'il ne faut pas se faire trop de soucis par rapport à l'implantation d'unités de recherche dans les pays émergents. Il y a bien entendu une raison économique, mais celle-ci permet également de répondre à des besoins locaux. » Par ailleurs, les sciences de l'environnement auront également besoin du développement de la chimie, trop souvent présentée comme polluante. Elle peut l'être, c'est vrai, mais bon nombre de processus de dépollution ont également été obtenus grâce à la chimie elle-même. Les composantes créatives et destructives seront toujours intimement liées, à nous de faire les choix corrects.

« Nous devons créer des systèmes nous permettant de créer des cercles vertueux de consommation alliant découvertes de nouvelles ressources, exploitation de celles-ci et des plus anciennes et recyclage des produits de déchets permettant ainsi de recréer de la valeur. C'est vrai, par exemple, pour les systèmes d'éclairage et pour la production/stockage d'énergie. Il y a des matériaux critiques à récupérer sinon cela ne peut pas fonctionner d'un point de vue économique. On croit trop vite aujourd'hui que notre monde est devenu essentiellement intangible. Lorsqu'on utilise un produit quotidien comme un ordinateur, on ne pense pas à la somme de technologies, de matériaux qui s'y trouvent et aux ressources naturelles qu'il a fallu employer pour le développer et le produire. Mais en revanche, on en connaît mieux sa valeur intangible, celle de sa fonctionnalité. Parfois, même la valeur intangible masque complètement la valeur de conception et de production : la valeur de Facebook est, par exemple, totalement virtuelle. »

### Back to reality

Ce danger de l'intangible guette d'ailleurs aussi la chimie qui, d'expérimental passe de plus en plus souvent vers le monde virtuel. La création de molécules sur ordinateur est un progrès important, mais « nous avons besoin de personnes dans des laboratoires qui mettent cela en pratique. C'est probablement l'une des raisons pour laquelle nous connaissons également une délocalisation de certaines activités de recherche vers les pays émergents, car les chimistes là-bas acceptent encore de travailler avec des



## « LES COMPOSANTES CRÉATIVES ET DESTRUCTIVES SERONT TOUJOURS INTIMEMENT LIÉES, À NOUS DE FAIRE LES CHOIX CORRECTS. »

tubes à essai. Pour cela, nous devons en Europe faire un effort particulier pour remettre la science expérimentale à l'honneur dès les études secondaires, afin de donner aux jeunes l'envie de chercher et de manipuler. Il s'agit de préparer notre futur...»

### Objectif 2120 !

Et que sera alors la chimie dans 100 ans comme l'avait imaginé Berthelot (voir p.8) à son époque à propos de l'an 2000 ? « Le World Business Council for Sustainable Development <sup>(1)</sup> a tenté de réaliser une projection pour l'horizon 2050 en reprenant bien entendu tous les grands problèmes mondiaux. Dans les différents domaines, le rapport reprend les différentes mesures à prendre. » Impossible de détailler ces mesures, mais la chimie est présente dans chaque secteur de développement. « L'avenir de la chimie est donc là : offrir à nos contemporains et aux générations futures une planète plus saine, car le progrès économique ne peut plus être séparé de la protection de l'environnement. Au-delà de 2050, les prédictions sont beaucoup plus difficiles à imaginer. Nous aurons probablement complètement développé les technologies de production et de stockage d'énergie très diverses et adaptées aux contextes locaux (vents, marées, géothermie, solaire, hydrogène...) comme Jules Verne l'avait laissé entrevoir pour la propulsion du Nautilus du Capitaine Nemo, mais à l'échelle planétaire ; nous serons tous à bord d'un immense Nautilus. Par ailleurs, nous arriverons à manipuler de plus en plus la structure intime de la matière. Ceci nous permettra de créer toute

forme de matière organique ou minérale à façon dans des réacteurs capables de produire la quantité juste suffisante pour nos besoins et non plus des surplus coûteux menant à une veine course à la taille. Les technologies de films minces représentent certainement un des secteurs d'avenir de la chimie permettant le dépôt d'une couche fonctionnelle permettant, par exemple, de transformer une vitre en panneau photovoltaïque, en senseur intelligent ou en écran d'affichage. Les senseurs intelligents et interactifs révolutionneront notre mode de vie privée et collective à cet horizon. Ils seront les « tweeters » de demain nous renseignant en temps réel sur nous-mêmes et notre environnement. C'est une révolution qui, dans 100 ans, sera arrivée à maturité. » En parallèle, nous ne pourrions pas nous dispenser de développer une éthique de l'utilisation de ces informations. « Si nous voulons, comme Berthelot ou Nobel, que ces découvertes scientifiques permettent à l'Homme et à la planète de se développer en harmonie, nous ne devons pas faire l'économie de cette quête du sens et de préserver les valeurs que nous avons vues se développer en Europe ces 20 dernières années », conclut Léopold Demiddeleer.

Pierre Dewaele

(1) World Business Council for Sustainable Development : Vision 2050 [http://www.wbcsd.org/web/projects/BZrole/Vision2050-FullReport\\_Final.pdf](http://www.wbcsd.org/web/projects/BZrole/Vision2050-FullReport_Final.pdf)



Prof. Philippe Dubois, Prof. Jérôme Cornil et Prof. David Beljonne, UMONS

# Mons à la pointe pour développer les bioplastiques

La cité hennuyère et son université sont pionnières dans la recherche sur les matériaux de nouvelle génération.



L'Université de Mons a frappé fort : en cette Année de la chimie, elle a classé trois de ses chercheurs dans l'élite mondiale. Le Prof. **Philippe Dubois**, Chercheur qualifié honoraire F.R.S.-FNRS, est classé 18<sup>e</sup> au Top-100 mondial des scientifiques spécialisés dans les matériaux. Et le Prof. **David Beljonne**, Directeur de recherches F.R.S.-FNRS, décroche la 88<sup>e</sup> place du même classement. Celui-ci, établi par Thomson Reuters, a listé les publications de 500.000 scientifiques des matériaux dans le monde et les a classés en fonction du nombre de publications et de citations depuis janvier 2000. Il s'agit donc d'une mesure pondérée de l'influence de ces scientifiques. De son côté, le Prof. **Jérôme Cornil**, Maître de recherches F.R.S.-FNRS, a été classé 99<sup>e</sup> chimiste le plus influent.

Fait remarquable : ces trois chimistes appartiennent au même centre de recherche au sein de l'UMons : le Centre d'innovation et de recherche en matériaux polymères (CIRMAP). « C'est un collègue de la Queen Mary University qui m'a annoncé la nouvelle. Je lui ai dit : c'est une blague ! Eh bien, non ! Cela fait plaisir, par les temps qui courent, de pouvoir montrer que notre institution n'est pas qu'une université de campagne. »

C'est en 2007 que Philippe Dubois a réorganisé la chimie des matériaux à l'UMons en regroupant quatre laboratoires au sein du CIRMAP. Cette unité compte ainsi près de 140 personnes actives, dont une quarantaine de doctorants. On y trouve environ deux tiers de chimistes et un tiers d'ingénieurs.

L'activité scientifique de Philippe Dubois est centrée sur les polymères, plus particulièrement sur les bioplastiques ou polymères biosourcés, appelés ainsi parce qu'ils trouvent leur origine dans des ressources renouvelables, contrairement aux plastiques classiques, fabriqués à partir d'une ressource fossile, le pétrole.

« J'ai toujours voulu trouver une alternative aux ressources fossiles pour la fabrication des polymères, dont notre monde moderne ne peut pas se passer. Ces matériaux de synthèse connaissent très souvent un usage limité et temporaire. Le gros problème est qu'ils sont inaltérables et s'accumulent inexorablement dans notre environnement, entraînant une pollution dramatique. Et quand on les incinère, ils produisent inévitablement du CO<sub>2</sub>. Par ailleurs, on parle beaucoup du pic pétrolier : cette ressource est limitée et deviendra dans l'avenir plus difficilement accessible. »

« Il faut donc trouver des ressources renouvelables. Ce sont les bioplastiques, biosourcés, biobasés, qui doivent en outre être respectueux de l'environnement, c'est-à-dire qu'ils ne peuvent exercer un effet toxique sur lui. Pour certaines applications, nous visons la biodégradabilité. »

### La chimie source de solutions environnementales

Philippe Dubois a fait ses études de chimie aux Facultés Notre-Dame de la Paix à Namur, puis sa thèse de doctorat à l'Université de Liège. Celle-ci avait déjà pour sujet les polymères biobasés. « Robert Jérôme et Philippe Tassié, de l'ULg, m'ont dit 'Lance-toi!'. Ma motivation ? Peut-être la volonté d'être proche de la nature. Et puis, à l'époque, on était presque gêné de dire que l'on faisait des études de chimie, tant celle-ci avait mauvaise réputation dans le public. Mais on pouvait aborder ce problème de manière positive : c'est vrai que la chimie a fait beaucoup de dégâts dans l'environnement, mais qui, mieux que les chimistes, peut les solutionner ? »

Après un post-doc avec Dow Chemical à Terneuzen puis à Midland (Michigan) - « J'étais en plein dans les polyoléfinés et cela m'a permis de prendre contact avec l'industrie » - Philippe Dubois s'est engagé sur la voie de l'ingénierie chimique à la Michigan State University. « J'y étais le seul chimiste parmi les ingénieurs. Cela a été une révélation : ces deux mondes paraissent complémentaires et l'outil de l'ingénieur peut devenir celui du chimiste. Ici à Mons, nous nous sommes équipés

d'extrudeuses comme réacteurs de polymérisation pour produire des bioplastiques avec un certain succès. Nous avons mis au point un acide polylactide (PLA) issu de betteraves sucrières. Nous sommes la seule unité qui a développé cette technologie, que nous avons fait breveter. Elle est actuellement développée ici en Belgique, par la société Futerro, une alliance entre le numéro 2 mondial de l'acide lactique Galactic et Total Petrochemical. Même ceux-ci se rendent compte de l'importance du biosourcé. »

Ce PLA est produit par un procédé unique de production continue, à l'aide d'une extrudeuse. La production peut ainsi se poursuivre sept jours sur sept. Ses applications sont les emballages, les films, les contenants souples ou rigides. Futerro, qui a été fondée en septembre 2007, a pour le moment une capacité de production de 1.500 tonnes par an. Mais on produit déjà 150.000 tonnes de PLA au niveau mondial par d'autres procédés. Depuis quelques années, le PLA est utilisé pour la fabrication de produits plus durables comme les fibres textiles (tapis, vêtements), des boîtiers de GSM, d'ordinateurs, de photocopieuse. Il est important de noter que les coûts de production sont comparables à ceux des plastiques issus du pétrole.

### La troisième génération des polymères

Pour Philippe Dubois, le caractère biodégradable de ces nouveaux matériaux est intéressant. Mais le plus important est qu'ils soient d'origine renouvelable.

« Je veux souligner que ces bioplastiques ne déroutent en rien l'agriculture de sa mission alimentaire, qui doit rester son rôle primordial. Nous utilisons des déchets ou des excédents agricoles. Nous développons en ce moment un nouveau projet, Eclipse, pour lequel nous sollicitons des fonds européens, dont les ressources premières sont les algues marines. Il y a vraiment moyen d'utiliser des ressources qui ne seront pas détournées de leur fonction essentielle, l'alimentation de la population mondiale. Tout ce dont nous avons besoin, ce sont des saccharides et des polysaccharides. »

Peut-être était-ce une erreur de marketing, au début, de mettre l'accent sur le caractère biodégradable de ces nouveaux plastiques, car on visait ainsi des applications orientées vers des produits jetables, de faible valeur ajoutée. « Aujourd'hui, nos travaux visent à donner une plus grande plus-value à ces matériaux biosourcés. Il est plus utile de leur donner une haute valeur ajoutée, à destination de l'électronique ou de l'automobile, en proposant des matériaux dont les propriétés couvriront un champ d'application plus important. Ainsi, notre laboratoire travaille sur les nanocomposites, des matériaux hybrides où l'on renforce les matériaux polymères avec des nanoparticules. Cela doit déboucher sur des applications durables, en particulier dans les secteurs

de l'automobile, de l'électronique et de l'audiovisuel. Un des gros problèmes des matériaux issus du carbone est qu'ils sont inflammables. Les nanotechnologies apportent une solution en permettant une ignifugation des polymères. »

Les polymères ont déjà connu deux grandes époques : celle des polymères naturels (le caoutchouc, le cuir...) et celle des pétrochimiques. « On continuera d'exploiter ce type de polymères, prédit Philippe Dubois. Mais nous sommes à l'aube de la troisième génération des grands polymères : les plastiques biosourcés. Les polymères issus du pétrole restent tout à fait dominants : on en produit 290 millions de tonnes par an alors que le biosourcé ne représente encore que 500.000 tonnes. Il ne faut d'ailleurs pas vouloir tout remplacer. Il vaut mieux trouver des niches où l'apport des bioplastiques auront une grande valeur ajoutée. »

Jean-Paul Vankeerberghen



[morris.umh.ac.be/cimap/](http://morris.umh.ac.be/cimap/)  
[morris.umh.ac.be/SMPC/](http://morris.umh.ac.be/SMPC/)  
[www.materianova.be](http://www.materianova.be)



Philippe Dubois  
CIRMAP UMons  
[philippe.dubois@umh.ac.be](mailto:philippe.dubois@umh.ac.be)



### 50% DES PLASTIQUES EN 2050 ?

- Pour Philippe Dubois, il ne fait nul doute que les bioplastiques biodégradables, trouvant leur origine au niveau de ressources renouvelables telles que, par exemple, les excédents agricoles ou encore les déchets de la filière bois, vont trouver une place de prédilection sur le marché mondial. Les perspectives prévoient que ce pourcentage grimpera à 10% en 2020 et à 50% en 2050.
- Le développement des matériaux à base de PLA est révélatrice. Ces biopolymères biodégradables rencontrent des applications dans des domaines aussi variés que la problématique de l'accumulation des déchets d'emballage plastique et des déchets électroniques. Il a fallu à peine plus d'une décennie pour concevoir, développer, industrialiser et commercialiser les premiers films et autres récipients rigides ou souples à base de PLA.
- La plus importante unité de production de PLA (NatureWorks PLA®) a été inaugurée en 2002. Cette usine, implantée aux USA par la société Cargill Dow, a une capacité de 140.000 tonnes par an. La même année, dans un dossier spécial consacré à la chimie verte, la revue Science estimait que la production mondiale de ce même PLA devrait atteindre 3,6 millions de tonnes par an en 2020.
- «Le carbone utilisé pour façonner ces biopolymères n'est pas extrait du sous-sol mais bien de la biomasse (ressources agricoles renouvelables) et, dès lors, le CO<sub>2</sub> émis par la biodégradation du matériau (ou encore par son incinération éventuelle) n'est autre que la ressource nécessaire pour produire les végétaux (via le mécanisme de la photosynthèse et la lumière solaire) qui permettront de nouveau la production cyclique de ces mêmes bioplastiques. Il n'y a donc pas d'accumulation irréversible de gaz à effet de serre. Ces biomatériaux sont aujourd'hui tout à fait compétitifs et en parfaite harmonie avec la politique de développement durable.»

Jean-Paul Vankeerberghen



# A la lumière des polymères conjugués

« Nous sommes des produits locaux. » David Beljonne et Jérôme Cornil ont fait leurs études de chimie à Mons, puis leur doctorat. Aujourd'hui, ils partagent le même bureau au sein du CIRMAP, le centre de recherche sur les matériaux polymères de l'Université de Mons, et mènent des activités de recherche très proches.

Tous deux ont été marqués par la personnalité - « charismatique » - de Jean-Luc Brédas, professeur de chimie des nouveaux matériaux qui a fondé il y a plus de vingt ans le laboratoire où ils travaillent actuellement. C'est avec lui qu'ils ont fait leur thèse de doctorat. David Beljonne, qui avait deux ans d'avance sur son compère, a fait la connaissance de Jean-Luc Brédas en dernière année de licence. Jérôme Cornil, lui, a pu bénéficier des qualités pédagogiques remarquables de ce professeur dès la première année. Leurs carrières de chercheurs étaient désormais tracées : ils se consacraient aux nouveaux matériaux.

« En première licence, j'ai suivi le cours de Jean-Luc Brédas sur les matériaux et, dès ce moment, je savais que je ferais mon mémoire avec lui », se souvient Jérôme Cornil. « Notre choix de mémoire a orienté notre vie. Un mémoire de licence est la première occasion de découvrir l'univers de la recherche. Quand cela se passe bien - et ce fut le cas avec Jean-Luc Brédas - c'est l'occasion de démarrer une carrière. »

David Beljonne a effectué des séjours post-doctoraux dans les groupes du Pr Richard Friend à l'Université de Cambridge (UK) et du Pr Shaul Mukamel à l'Univer-

sité de Rochester (USA). De retour en Belgique, il a été nommé chercheur qualifié du F.R.S.-FNRS à l'UMons en 1997. Il est actuellement Directeur de recherches du F.R.S.-FNRS.

Jérôme Cornil est parti en post-doc au Massachusetts Institute of Technology à Cambridge (USA), puis à Santa Barbara (Université de Californie) à l'Institute for Polymers and Organic Solids. Cet institut est dirigé par le Pr A.J. Heeger, une figure marquante des polymères conjugués qui a reçu le prix Nobel de chimie en 2000. Il revient à Mons en 1997, où il est nommé Chercheur qualifié F.R.S.-FNRS en 2000, puis Maître de recherches en 2008.

## La force des réseaux

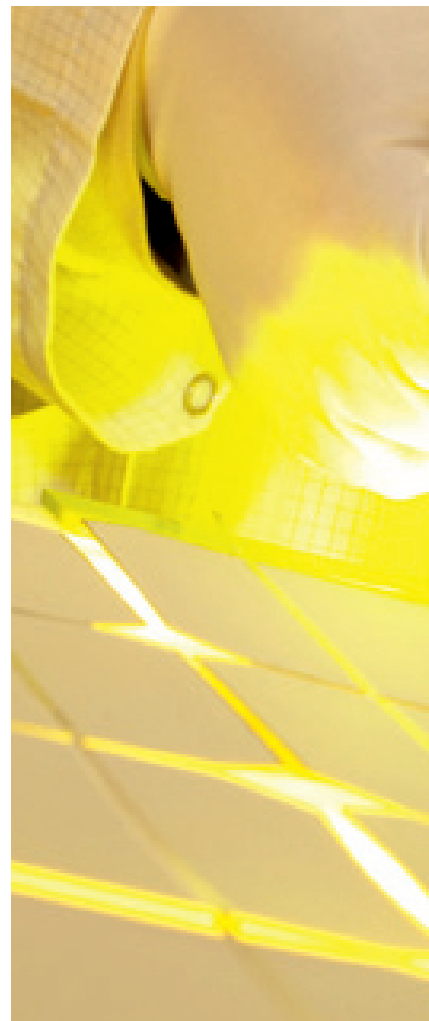
Tous les deux sont également Visiting Principal Research Scientist au Georgia Institute of Technology à Atlanta (USA) où travaille maintenant Jean-Luc Brédas. « Nous avons des rapports étroits avec le groupe d'Atlanta; nous y allons régulièrement et avons un programme d'échange de doctorants. »

« Les relations et collaborations nombreuses que nous avons avec l'extérieur ont certainement contribué à notre classement dans le top-100, observe David Beljonne. Elles nous permettent de mettre

en commun des expertises différentes pour assurer la continuité entre la mise au point d'un concept et son intégration dans un dispositif. Nous avons tissé un réseau de connexions autour de notre laboratoire, avec des partenaires en Belgique, en Europe et dans le reste du monde, aux Etats-Unis et en Chine en particulier. Ainsi, un chercheur chinois (Zhigang Shuai) a passé douze ans chez nous et deux post-doctorants chinois de son groupe séjournent actuellement à Mons. S'ajoutent à cela des interactions avec des industriels, notamment via le centre de recherches Materia Nova. »

Leurs travaux de recherche portent sur la modélisation de l'organisation supramoléculaire et des propriétés photo-physiques des matériaux organiques conjugués, dans le cadre de leur utilisation en tant que composantes actives dans des dispositifs opto-électroniques (cellules solaires, diodes électroluminescentes, transistors, etc.).

Il s'agit de recherche fondamentale sur l'électronique organique, qui vise à remplacer les matériaux inorganiques traditionnels par des matériaux organiques. Par exemple, pour produire des écrans d'affichage par la technologie OLED (diode électroluminescente organique). Ces technologies signent une petite révolution.



Elles permettent de produire de l'éclairage à partir de matériaux organiques, des polymères de synthèse à base de carbone et d'hydrogène. Ces matériaux 'plastiques' sont en fait des polymères conjugués se comportant comme des semi-conducteurs à l'état neutre et des métaux à l'état dopé. C'est en effet en 1977 que Heeger, MacDiarmid et Shirakawa ont découvert que la conductivité électrique du trans-polyacétylène peut être augmentée de plusieurs ordres de grandeur et devenir comparable à celle d'un bon conducteur tel que le cuivre par une simple oxydo-réduction. Ces matériaux ont l'avantage de combiner les propriétés mécaniques des polymères (souplesse, légèreté, flexibilité, etc) et les propriétés électriques et optiques des métaux ou des semi-conducteurs inorganiques comme le silicium.

Les applications de cette technologie sont nombreuses.

## Du papier peint lumineux

Ces matériaux, ultra-minces (100 nanomètres d'épaisseur), présentent l'avantage de ne consommer que très peu de matière première. Ainsi, on peut fabriquer des surfaces ultra-fines émettant de la lumière

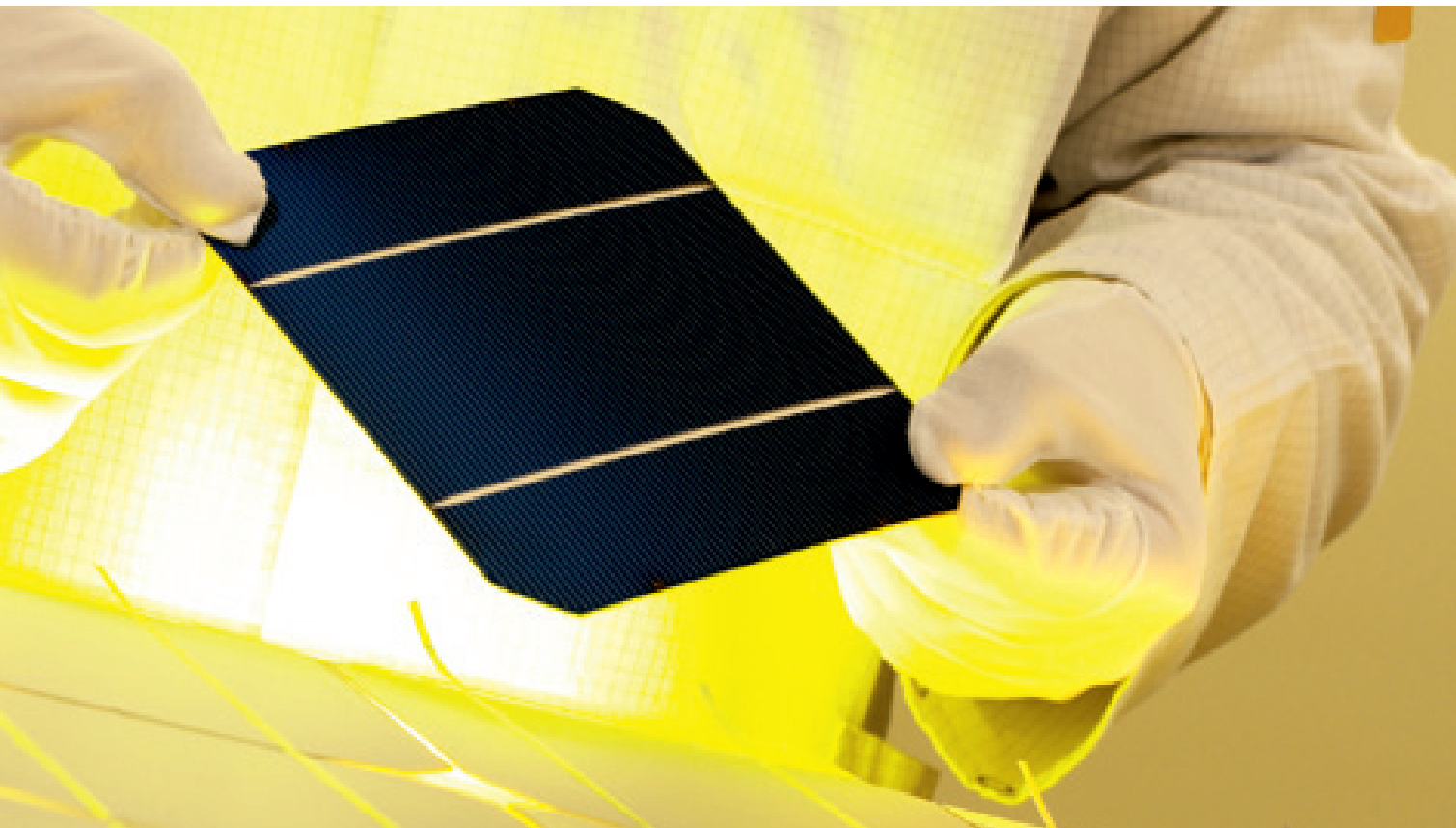


## METTRE SON ÉCRAN DANS SA POCHE

Les écrans de télévision classiques utilisent un tube à rayons cathodiques qui présente l'inconvénient d'occuper un volume important et d'avoir une consommation électrique élevée. Quant aux écrans à cristaux liquides, leur angle de vision est limité. Les écrans plasma ont une qualité d'image équivalente à celle des téléviseurs cathodiques, mais ont un prix d'achat plus élevé. La technologie des polymères conjugués permet de fabriquer des écrans ultra-plats, de haute résolution, peu coûteux, avec un large angle de vue et - pourquoi pas ? - enroulables. La grande nouveauté introduite par ces matières plastiques est de pouvoir réaliser des écrans souples, pliables à souhait sans perte d'efficacité. Cela fut démontré pour la première fois par le groupe du Pr Heeger en remplaçant dans une diode le substrat de verre par un polymère traditionnel et la couche d'ITO (oxyde mixte d'indium et d'étain, à la fois métallique et transparent afin de laisser sortir la lumière) par un polymère transparent conducteur de l'électricité. La dominante plastique du dispositif contribue de ce fait à sa flexibilité.



Jean-Paul Vankeerberghen



**« IL S'AGIT DE RECHERCHE FONDAMENTALE SUR L'ÉLECTRONIQUE ORGANIQUE, QUI VISE À REMPLACER LES MATÉRIAUX INORGANQUES TRADITIONNELS PAR DES MATÉRIAUX ORGANIQUES. »**

blanche, ouvrant la voie à de nouveaux dispositifs d'éclairage

### Sacs et tentes électriques

Une autre application est la photovoltaïque organique, qui utilise la lumière solaire pour produire de l'électricité. Actuellement, les panneaux photovoltaïques sont fabriqués à base de silicium, qui coûte très cher, et qui produit 2 kilos de déchets chimiques pour 1 gramme fabriqué. « Nous développons donc une technologie alternative, explique Jérôme Cornil. Elle peut s'appliquer à des matières souples. Par exemple, un sac dont le couvercle souple capte la lumière et produit de l'électricité pour recharger un téléphone portable. Ou de la toile de tente, ce qui permettrait d'alimenter en électricité des installations médicales autonomes. Ou encore des vêtements intelligents. Appliquée à l'habitat, cette technologie serait beaucoup moins chère et, en outre, dégageait beaucoup moins de CO<sub>2</sub> dans les procédés de fabrication. »

Ces travaux de recherche se situent à la frontière entre le fondamental et l'appliqué. « Nos travaux doivent avoir une finalité bien définie, même si heureuse-

ment le FNRS nous permet d'être actifs en recherche fondamentale, précise David Beljonne : nous essayons de comprendre les matériaux, de décrire leurs comportements électriques ou optiques, de décortiquer les processus, essentiellement à l'aide de méthodes théoriques de modélisation sur ordinateur. A côté de cela, dans les laboratoires, il y a des gens qui font des expériences correspondantes. Nous collaborons également avec Materia Nova, une asbl créée par notre université avec le soutien de la Région wallonne et de l'Union européenne ; elle est dédiée à des recherches plus appliquées, avec des partenariats industriels. La boucle est ainsi bouclée, du design moléculaire à la fabrication de dispositifs. A Mons, nous avons toute la chaîne, ce qui est assez rare. On nous demande parfois de trouver une formule miracle : en quelques mois, nous nous efforçons d'identifier parmi plusieurs dizaines de molécules potentielles celles qui ont l'intérêt le plus grand pour l'application envisagée. Nous avons à la fois un rôle de compréhension et de prédiction. De plus en plus, la modélisation devient, entre les mains du chimiste, une méthode d'investigation complémentaire aux techniques expérimentales. Actuel-

lement, huit projets européens tournent dans notre laboratoire et occupent plus d'une dizaine de chercheurs. Notre succès tient à un travail d'équipe avant tout. »

Par quel cheminement se sont-ils engagés dans une carrière de chimistes ? « Je n'étais pas prédestiné, se souvient David Beljonne. J'avais un père agriculteur et une mère au foyer ; mes trois frères ne se sont pas orientés vers la science. Il est vrai que j'aimais beaucoup les sciences et les mathématiques, sans avoir pour autant un coup de cœur pour une discipline en particulier. J'ai finalement choisi la chimie parce que le programme des cours m'offrait une formation scientifique assez large, complète. La suite est une succession de rencontres (notamment avec Jean-Luc Brédas et les membres de son laboratoire, dont Roberto Lazzaroni, actuel 'Boss' du labo) et de choix (thèse de doctorat, séjour postdoctoral, etc.) pour lesquels l'entourage direct joue un rôle important – je ne remercie jamais assez mes parents, mon épouse Lucia et mes trois enfants pour leur soutien !. »

« J'étais scientifique, je l'ai su tôt, raconte pour sa part Jérôme Cornil. J'aimais les jeux de logique. La chimie, pour moi,

c'était comprendre la matière, la manipuler. Elle satisfaisait ma curiosité scientifique. Elle me permettait de contrôler les choses et de progresser vers des territoires inconnus. Ensuite, la rencontre avec Jean-Luc Brédas au début de mes études universitaires a été décisive. »

**Jean-Paul Vankeerberghen**



David Beljonne,  
CIRMAP, UMONS  
david.beljonne@umonts.ac.be



Jérôme Cornil,  
CIRMAP, UMONS  
Jerome.Cornil@umonts.ac.be

« EN ÉTUDIANT LA SPÉCIFICITÉ DE LA RELATION ENTRE LES ABEILLES ET LEURS PLANTES-HÔTES, ON PEUT MIEUX ÉVALUER L'IMPORTANCE DU RÔLE DES PLANTES À FLEURS DANS L'ÉVOLUTION DES ABEILLES. »

# L'évolution des interactions abeilles-fleurs: quand la chimie s'en mêle



Nicolas Vereecken (ULB)



## DE LA CHIMIE À LA PHYLOGÉNÉTIQUE

Ces études sont désormais le point de départ d'un autre type de recherches, Nicolas Vereecken en étroite collaboration avec Patrick Mardulyn, Chercheur Qualifié FNRS, va s'atteler à une analyse combinée de phylogénie moléculaire et de parfums floraux pour en savoir plus sur l'évolution de ces caractères.

« Le but est de comprendre comment ces leurres sexuels se sont mis en place et à partir de quelles classes de composés chimiques. Par extension, de comprendre quelle est la nature de la relation entre le leurre sexuel et la stratégie de refuge nocturne: les composés chimiques clés du leurre sexuel représentent-ils une innovation évolutive ou sont-ils déjà présents chez les espèces d'orchidées et d'iris qui pratiquent le refuge nocturne ? »

Entre les plantes et les abeilles, tout est histoire de chimie... Pour attirer les insectes pollinisateurs, certains végétaux déploient en effet des trésors d'ingéniosité. Certaines plantes telles que les orchidées et les iris déploient des stratégies hors normes. Tandis que d'autres comme le lierre se contentent d'entretenir une relation privilégiée avec une espèce d'abeille en particulier.

S'il est deux mondes qui évoluent conjointement, ce sont bien les plantes et leurs pollinisateurs. Les uns ne pouvant vivre sans les autres: les insectes assurent la pollinisation de bon nombre de plantes qui représentent leur principale source de nourriture. Une évolution conjointe qui n'a de cesse d'intéresser Nicolas Vereecken, Chargé de recherches F.R.S.-FNRS au service d'Evolution Biologique et Ecologie de l'Université Libre de Bruxelles (ULB).

### La chimie florale « alimentaire »

Si les interactions entre les abeilles au sens large et les plantes qu'elles visitent sont souvent généralistes, il existe de nombreux cas où certaines espèces d'abeilles sont invariablement liées à des plantes particulières, et ce de génération en génération. Ces abeilles sauvages « spécialistes » n'ont d'yeux que pour des caractères floraux précis de leurs plantes-hôtes... et la chimie florale constitue le maître d'orchestre ces interactions.

Le lierre, la bruyère et deux espèces d'abeilles solitaires entretiennent ce genre de relation privilégiée. « L'abeille du lierre, *Colletes hederæ*, émerge à la fin de l'été en même temps que la floraison du

lierre. Et son espèce sœur, *Colletes succinctus*, en même temps que la floraison de la bruyère. Pour mieux comprendre cette interaction, l'un de mes projets de recherche consiste à étudier la chimie des parfums floraux ainsi que du pollen, en collaboration avec d'autres équipes de chercheurs en Allemagne - Université de Braunschweig - et en Belgique - Université de Mons. Les résultats devraient nous aider à expliquer pourquoi des espèces aussi proches d'abeilles ont pu se "lier" à des plantes aussi distantes d'un point de vue évolutif. » Outre l'intérêt purement fondamental de ces travaux, de telles analyses permettent aussi de nous éclairer sur le déclin de certaines espèces d'abeilles. « En étudiant la spécificité de la relation entre les abeilles et leurs plantes-hôtes, on peut mieux évaluer l'importance du rôle des plantes à fleurs dans l'évolution des abeilles. »

### Les orchidées, maîtres dans l'art du leurre sexuel

Autre relation plante - insecte qui suscite l'intérêt du chercheur, celle qui fait intervenir un leurre sexuel. S'asperger d'effluves agréables dans l'espoir d'être plus attirante pour la gent masculine

n'est en effet pas le propre de la femme : les orchidées usent également de ce stratagème pour attirer exclusivement des mâles d'abeilles solitaires comme pollinisateurs!

En Europe, la pollinisation par leurre sexuel est l'apanage du genre *Ophrys*. Mais comment cette stratégie hors du commun s'est-elle développée ? C'est pour répondre à cette question que Nicolas Vereecken a entrepris l'étude de plusieurs groupes d'orchidées méditerranéennes, dont les espèces du genre *Serapias* proches des *Ophrys* d'un point de vue phylogénétique. « Particularité des fleurs des *Serapias*: elles peuvent servir de refuge nocturne pour les abeilles. Leur forme tubulaire de couleur rouge foncé est en effet perçue comme un endroit idéal pour s'abriter et se protéger des prédateurs la nuit. »

Echange de bons procédés oblige, une fois dans ce « tube », les abeilles entrent en contact malgré elles avec deux masses gluantes directement connectées aux réserves de pollen de la plante. Le matin, coiffées de pollen, elles ressortent butiner et, dès la fin de la journée suivante, elles visitent les fleurs d'autres



© Nicolas Vereecken

orchidées-refuges au sein desquelles elles déposent les masses de pollen récoltées précédemment, assurant ainsi la pollinisation de la plante dans laquelle elles ont passé la nuit!

### Une relation privilégiée

« En étudiant de manière plus détaillée la relation plante-insecte basée sur le refuge nocturne, j'ai remarqué qu'une espèce particulière de *Serapias*, *Serapias lingua*, entretenait une relation privilégiée avec une seule espèce d'abeille solitaire, *Ceratina cucurbitina*. En outre, j'ai découvert que ce *Serapias* n'était visité que par les mâles de cette espèce d'abeille. Contrairement aux autres *Serapias* qui sont pollinisés par des mâles et des femelles ». Une relation qui a titillé le chercheur: « J'ai analysé le comportement de visite des mâles de *Ceratina cucurbitina* et en particulier leur interaction avec une structure particulière située au fond du tube floral, la callosité. J'y ai trouvé deux stratégies de leurre. D'une part la forme et la couleur de cette callosité sont telles qu'elle ressemble à l'abdomen de la femelle de cette espèce d'abeille solitaire. » D'autre part, en analysant la composition chimique du parfum de cette orchidée,

Nicolas Vereecken a trouvé 23 composés chimiques identiques aux composés des phéromones émises par les femelles de *Ceratina cucurbitina*. « En recouvrant des billes de phéromones sexuelles de femelles de cette abeille solitaire et d'autres de parfum de *Serapia lingua*, j'ai constaté que les mâles tentaient de s'accoupler avec les premières autant qu'avec les secondes. Dans la nature, lors de cette pseudo-copulation, il prélève malgré lui des masses de pollen de l'orchidée. » Des observations qui suggèrent un lien étroit entre la stratégie de pollinisation par refuge nocturne et la pollinisation par leurre sexuel chez les orchidées méditerranéennes.

### Après les orchidées, les Iris Royaux

Jusqu'il y a peu, les scientifiques pensaient que le leurre sexuel était l'apanage des orchidées, mais en s'intéressant de plus près au groupe des Iris Royaux, Nicolas Vereecken a du revoir cette généralité! « Les Iris Royaux ont des fleurs très grandes, très sombres et tubulaires tout comme les orchidées du genre *Serapias*. Cette couleur sombre particulièrement rare chez les Iris force à s'intéres-

ser à l'éventuel parallèle entre les deux fleurs... » Quelques analyses chimiques plus tard, et, le parallèle s'intensifie: la plupart des composés chimiques du parfum de cet Iris sont identiques à ceux des orchidées *Serapias*. Des analyses du parfum floral d'une dizaine d'Iris Royaux menées avec une équipe de chercheurs israéliens - Universités d'Haïfa et de Tel-Aviv - ont permis de confirmer plus largement ce parallèle entre les *Serapias* et les Iris. « Ces deux genres de plantes appartenant à deux familles botaniques différentes sont les seuls groupes qui ont développé une stratégie de pollinisation par refuge nocturne pour des abeilles sauvages. L'analyse de leurs caractères floraux depuis leur couleur jusqu'à leur structure et leur parfum m'a permis de mettre en évidence un cas remarquable de convergence évolutive. »

Elise Dubuisson

#### références scientifiques

- Vereecken NJ, Dafni A & Cazzolino S, 2010. Pollination syndromes in Mediterranean orchids - implications for speciation, taxonomy and conservation. *The Botanical Review* 76(2): 220-240.
- Vereecken NJ & McNeil JN, 2010. Cheaters and liars: chemical mimicry at its finest. *Canadian Journal of Zoology* 88(7): 725-752.
- Dötterl S & Vereecken NJ, 2010. The chemical ecology and evolution of bee-flower interactions: a review and perspectives. *Canadian Journal of Zoology* 88(7): 668-697.
- Vereecken NJ & Schiestl FP, 2008. The evolution of imperfect floral mimicry. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA* 105(21): 7484-7488.



[ebe.ulb.ac.be/ebe](http://ebe.ulb.ac.be/ebe)



Nicolas Vereecken  
Evolution Biologique et  
Ecologie, ULB  
[nvereeck@ulb.ac.be](mailto:nvereeck@ulb.ac.be)



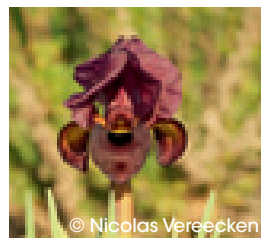
## QUAND LE LEURRE SEXUEL MÈNE À L'APPARITION DE NOUVELLES ESPÈCES

D'après les travaux de Nicolas Vereecken, les leures sexuels pourraient mener à l'apparition de nouvelles espèces. Ce dernier a en effet mis le doigt sur une orchidée hybride dans le sud de la France. Particularité de cette orchidée: elle est le fruit d'une pollinisation croisée entre deux espèces qui de prime abord est impossible. « La pollinisation des deux espèces parentales, *Ophrys arachnitiiformis* et *Ophrys lupercalis*, étant assurée par des pollinisateurs différents, nous avons d'abord pensé à une pollinisation assurée par l'homme ». Toutefois, plusieurs heures de surveillance vidéo ont dessiné un tout autre scénario: « Nous avons vu des abeilles qui pollinisaient habituellement *Ophrys arachnitiiformis* visiter d'autres orchidées dont *Ophrys lupercalis*. La « naissance » de ces hybrides serait donc tout à fait naturelle.

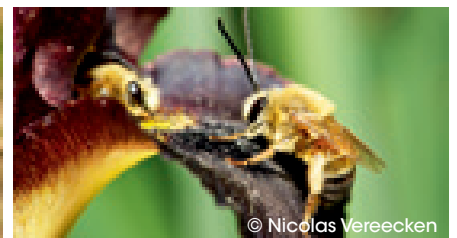
## UN ISOLEMENT REPRODUCTIF EN UNE SEULE VISITE

Cette pollinisation croisée inattendue est rendue possible par le trait commun que partagent ces deux espèces d'orchidées: le leurre sexuel. En regardant de plus près la descendance d'*Ophrys arachnitiiformis* et d'*Ophrys lupercalis*, Nicolas Vereecken et ses collègues de Zurich et de Naples ont fait une seconde découverte: le parfum floral émis par les hybrides est nouveau et attire des abeilles solitaires qui n'entretenaient pas d'interaction avec les espèces parentales. « Ce qui signifie que si l'hybride découvert n'était pas stérile, il s'agirait bel et bien d'une nouvelle espèce qui se reproduirait de manière autonome. Ces travaux offrent une occasion unique de décortiquer les étapes qui mènent à la rupture des barrières d'isolement reproductif et les mécanismes qui génèrent des nouveaux caractères floraux. »

Elise Dubuisson



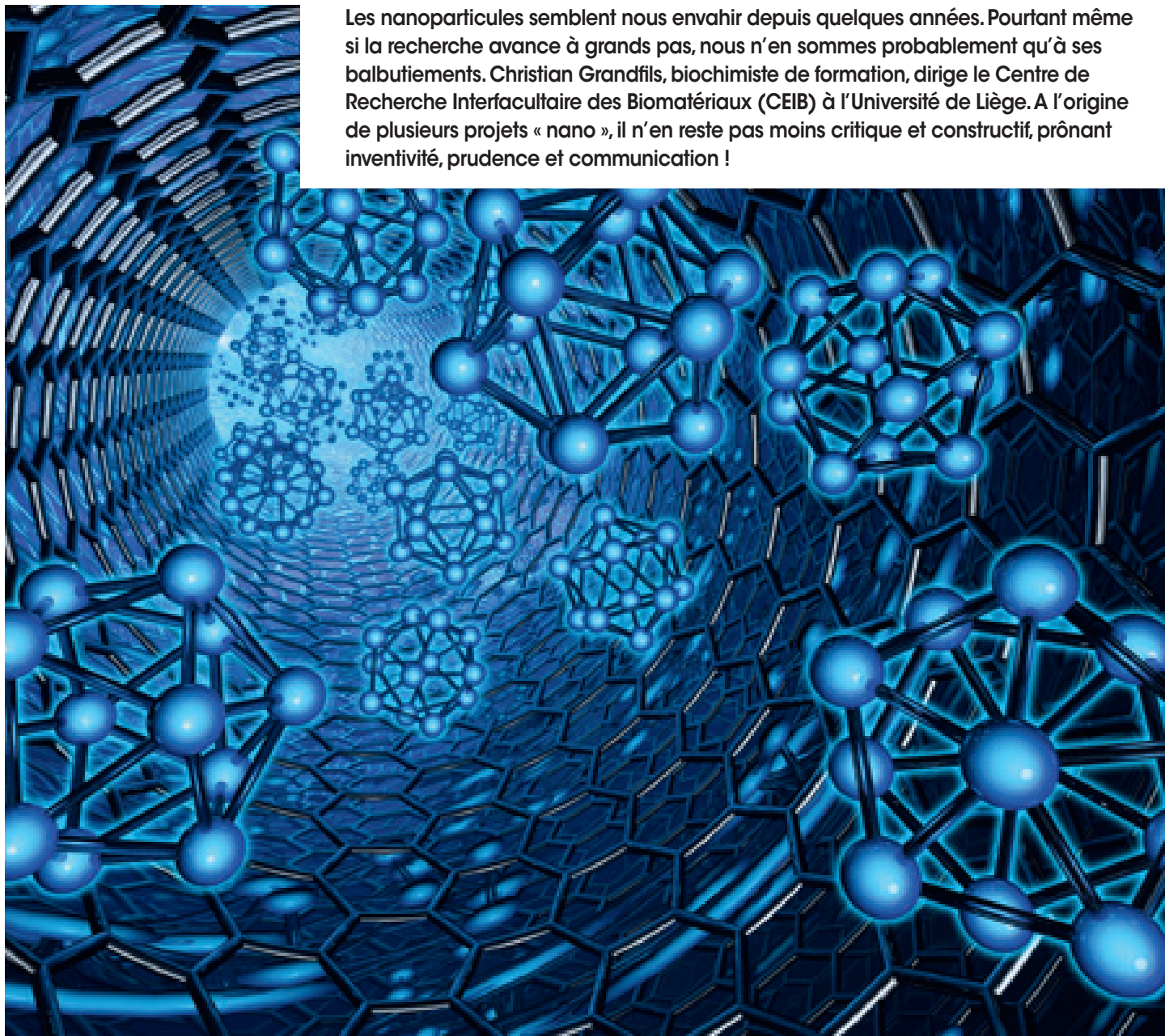
© Nicolas Vereecken



© Nicolas Vereecken

# Petit, mais costaud !

Les nanoparticules semblent nous envahir depuis quelques années. Pourtant même si la recherche avance à grands pas, nous n'en sommes probablement qu'à ses balbutiements. Christian Grandfils, biochimiste de formation, dirige le Centre de Recherche Interfacultaire des Biomatériaux (CEIB) à l'Université de Liège. A l'origine de plusieurs projets « nano », il n'en reste pas moins critique et constructif, prônant inventivité, prudence et communication !



Prof. Christian Grandfils, ULg

Les nanotechnologies apparaissent aujourd'hui comme l'un des développements le plus prometteurs de ces prochaines années. Elles possèdent d'ailleurs déjà un champ d'applications très important dans notre vie de tous les jours. A la frontière entre le vivant et le non-vivant, la chimie occupe une place particulière. Richard Feynman (1918 - 1988), un physicien fameux pour sa participation à la découverte des quarks, notamment, avait prédit en 1959 l'importance du monde nanométrique. Mais il faut attendre 1985 pour que Richard Smalley, Robert Curl et Harold Kroto découvrent une forme particulière de chaîne carbonée C<sub>60</sub>

qui forme un polyèdre dont les sommets sont des atomes de carbone disposés en pentagones et en hexagones. C'est pour la découverte de cette structure géodésique du carbone qu'ils recevront ensemble le prix Nobel de Chimie en 1996.

## Construire le futur

Cependant, le Professeur Christian Grandfils (Institut de Chimie, Université de Liège) fait remonter l'histoire des nanotechnologies et de la nanochimie bien avant cette date puisque la chimie colloïdale contribue depuis une quarantaine d'années, à l'étude de mécanismes intimes d'interaction entre un

produit et un autre. « Elle a eu d'ailleurs des applications industrielles très rapides dans le domaine des peintures, de l'agroalimentaire ou pharmaceutique. Elle a donc une importance considérable mais cette science à la frontière entre la chimie, la physique et la biologie n'a finalement été étudiée que sur le tard... A la décharge des chercheurs, l'étude et la compréhension des mécanismes qui régissent ces interfaces sont difficiles à appréhender, et il reste beaucoup de zones d'ombre. Aujourd'hui, la situation a changé et la nanochimie, qui va au-delà de la physico-chimie colloïdale, fait partie intégrante de la formation des étudiants. »

Un des avantages des nanomatériaux est de pouvoir exposer une surface considérable par rapport à leur volume. « Cette propriété particulière peut être utilisée dans de nombreux domaines industriels ou même en médecine ou en biologie. Outre leurs propriétés de surface et de diffusion, leur petite taille permet de les faire interagir avec certaines cellules particulières. Il est important de bien comprendre qu'il s'agit d'un nouvel état de la matière : ce ne sont pas des molécules individuelles ; elles peuvent toutefois être assimilées par la cellule. Ceci constitue un avantage, mais ne va pas sans poser de questions, voire de problèmes de toxicité. » On parle beaucoup de nanoaliments aujourd'hui qui pourraient avoir un intérêt majeur dans l'éviction de certaines allergies alimentaires par le traitement des produits comme le lait par exemple. « Cependant, on sait peu de choses quant au comportement de ces nanomatériaux une fois absorbés par l'organisme non pas sous forme de molécules, mais de nanodispersions. »

### Comprendre puis agir

Le comportement de ces nanocomposés est totalement différent de celui que l'on connaît pour une molécule. En effet, on pourrait faire l'analogie avec la physique mécanique et la physique des particules, ces dernières ne répondant plus aux lois macroscopiques. « L'analogie est légitime. De plus, nous avons identifié un certain nombre de voies de pénétration cellulaire des nanomatériaux ; d'autres nous restent inconnues. » Les cellules M de l'épithélium intestinal constituent l'un des filtres majeurs d'un point de vue immunitaire. Elles sont étroitement associées aux follicules lymphoïdes bordant notre muqueuse intestinale. « Ces cellules jouent un rôle-clé dans l'immunité et elles sont particulièrement efficaces pour présenter des corps de la taille des nanoparticules, comme des virus ou des bactéries. Ceci pour dire que ces cellules participent au fonctionnement du système immunitaire. Il faut donc considérer que ce dernier fonctionne à l'échelle nanométrique et que toute administration de nanoparticules ou de produits transformables en nanoéléments peut provoquer une réaction de sa part. Une autre porte d'entrée identifiée serait les jonctions intercellulaires, une autre encore serait de faire intervenir les mécanismes d'endocytose. A partir de là, nous ne connaissons que très mal le devenir de ces nanoparticules dans notre organisme. Ce domaine reste donc très peu maîtrisé. Cela tient au fait que l'on connaît encore mal les propriétés de surface de ces matériaux à l'état natif ; on connaît encore moins bien leurs propriétés après interaction avec le milieu dans lequel elle se trouve. En effet, les charges électriques qu'elles portent, leur répartition, leur accessibilité, etc., ne sont déjà pas simples

à caractériser sur la particule native, mais après avoir interagi avec nos systèmes biologiques, comme la lumière intestinale, les propriétés elles-mêmes de la nanoparticule vont être modifiées. Or, c'est cette nanoparticule opsonisée qui entrera en contact avec la barrière... » En d'autres termes, de plus en plus de produits se trouvent ou se trouveront dans un futur proche dans notre environnement et nous ne savons pas quels sont réellement les effets des interactions.

### Agir sur le vivant

On pourrait se dire que si macroscopiquement ces substances sont inertes, elles ne doivent pas présenter un grand danger à l'échelle nanométrique. « Il s'agit de raccourcis très dangereux. L'acide polylactique est un polyester biodégradable et dit biocompatible. Il a de multiples utilisations et notamment en chirurgie où, depuis très longtemps, il constitue l'élément de base du fil de suture résorbable. Nous avons réalisé une étude dans le cadre d'un projet européen afin d'étudier l'hémocompatibilité des nanoparticules. Nous avons constaté qu'une fois mis en contact avec le sang sous sa forme « nano », ce matériau entraîne toute une série de réactions. Il s'avère que lorsque ce polymère se dégrade, il laisse en place dans un certain nombre de cas des cristaux de taille micro- ou nanoscopique. Les macrophages, qui constituent une ligne de défense immunitaire, vont tenter de les faire disparaître en les digérant, mais n'y réussissant pas, ils vont appeler d'autres congénères, etc. Ceci peut entraîner une réaction inflammatoire de plus en plus importante. Cette réaction a été effectivement décrites chez certains patients. On rentre donc dans un ordre de taille où ces particules peuvent être phagocytées et provoquer des morts cellulaires inexplicables par ailleurs. D'autres études ont été menées sur ce même thème avec d'autres nanoparticules avec l'aide notamment du FNRS. Cela signifie qu'il est nécessaire de comprendre pour chaque particule développée son devenir dans un milieu particulier. A côté de l'aspect de diffusion des nanomatériaux, il y a également les propriétés de surface qui peuvent être citées comme un inconvénient en termes de biocompatibilité. Qui dit surface, dit adsorption de protéines. Lors de l'interaction avec une surface, une protéine change bien souvent de conformation, ce qui peut être source de deux problèmes : d'une part, une activation de ces protéines comme les facteurs du complément du système immunitaire, par exemple ; d'autre part, ce changement de conformation pourrait induire une réaction de type auto-immunitaire avec des problèmes de reconnaissance du soi et du non-soi. » Les exemples semblent tous tourner autour de la biocompatibilité envers nous. Il s'agit d'une préoccupation majeure, car une

## « LES NANOMATÉRIAUX PROCÈDENT D'UNE TECHNOLOGIE D'AVENIR QUI SERA CRÉATRICE DE NOUVEAUX PRODUITS ET AMÉLIORERA AUSSI LA PRODUCTION DE DENRÉES DÉJÀ DISPONIBLES. »

fois dans notre environnement, ces nanoparticules pénétreront au plus profond de nous-mêmes mettant effectivement en jeu des mécanismes de défense immunitaire.

### Evaluer et communiquer

Dès lors, les tests doivent être effectués de manière systématique. Cependant, nous sommes face à un sérieux problème, car les modèles in vitro que l'on utilise actuellement pour les tests habituels en laboratoire n'intègrent pas les cellules plus spécialisées pour réagir avec ces nanomatériaux. « C'est pourquoi nous devons rester vigilants non seulement pour les consommateurs, mais aussi pour les personnes chargées d'utiliser ces matériaux. Les effets peuvent se voir des années plus tard, comme nous l'avons vu pour l'amiante. Etant donné ce que nous avons dit plus haut, la nanotoxicologie doit s'appliquer à chaque cas particulier et pour une application particulière et pas de manière globale. De plus, lors du procédé industriel, il faudra aussi tenir compte du cycle complet du produit et donc de son recyclage. » Cependant, tout n'est pas négatif,

les nanotechnologies constituent probablement une véritable révolution dans le monde de la chimie et des autres sciences fondamentales. Elles devraient aussi présenter leur intérêt dans la résolution de problèmes écologiques.

Les nanomatériaux procèdent dès lors d'une technologie d'avenir qui sera créatrice de nouveaux produits et améliorera aussi la production de denrées déjà disponibles. Elle générera des emplois dans des entreprises innovantes, dans lesquels la chimie et les chimistes ont un rôle majeur à jouer. Tous ces progrès scientifiques et technologiques ne pèseront pas très lourd si on ne prend pas les précautions nécessaires pour limiter les risques inhérents à chaque découverte et si les scientifiques ne travaillent pas de façon interdisciplinaire et ne prennent pas de la peine d'expliquer et de communiquer de manière complète, translationnelle et intelligible l'objet de leurs découvertes, les incertitudes qui y sont liées...

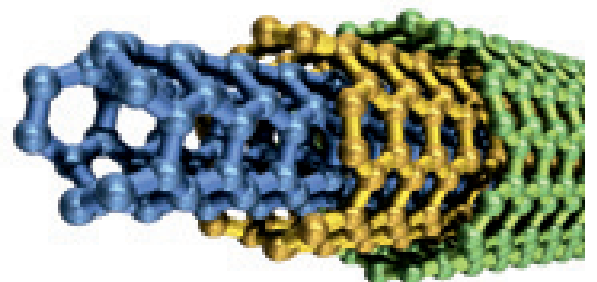
Pierre Dewaele



[www.ceib.ulg.ac.be](http://www.ceib.ulg.ac.be)



Christian Grandfils  
CEIB  
C.Grandfils@ulg.ac.be



Nanotube de Carbone



# Vers une meilleure exploitation du pétrole



## LA MÉTATHÈSE, sorte de jeu de passe passe autour des doubles liaisons

En linguistique, la métathèse correspond au déplacement de lettres à l'intérieur d'un mot. C'est le cas dans le mot « spectacle » que certains enfants annoncent en pensant parler de « spectacle »... En chimie, c'est à peu de choses près pareil! Réaction découverte par accident dans les années 50, la métathèse a rapidement suscité l'intérêt des usines pétrochimiques. Mais de quoi s'agit-il exactement ? La métathèse est un processus par lequel des molécules coupées en deux, se réorganisent pour former de nouveaux composés. Et ce, en une étape unique! En pétrochimie, elle est particulièrement intéressante car elle permet de modifier les liaisons de l'éthylène et du butène pour en faire deux molécules de propylène.



Ce n'est un secret pour personne, les puits de pétrole sont loin d'être des puits sans fond! Raison de plus pour les exploiter de la manière la plus rationnelle possible. Voilà ce à quoi travaille Damien Debecker, chargé de recherches du F.R.S.- FNRS. Son cheval de bataille: valoriser au mieux la fraction légère des hydrocarbures issus du pétrole.

## Pas assez de propylène mais trop de butène et d'éthylène

Difficile de passer à côté de cette information: du pétrole il y en a de moins en moins. Il est grand temps de trouver des alternatives et/ou de le consommer de manière intelligente. Pourtant, malgré ce constat de longue date, son utilisation est encore loin d'être rationnelle et optimale... « Dans le pétrole, certaines molécules sont plus demandées que d'autres, explique Damien Debecker, chercheur à l'Institut de la Matière Condensée et des Nanosciences (IMCN) de l'Université catholique de Louvain. Ainsi, le propylène, l'un des composés majeurs de l'industrie pétrochimique, est très convoité car il rentre dans la fabrication du plastique, de certains médicaments et aliments, du nylon, etc. alors que le butène et l'éthylène sont produits en excès et moins recherchés. » Conséquence de ce déséquilibre: le propylène est très coûteux.

Conscients de ce problème, les scientifiques oeuvrent à la mise au point de procédés permettant de rééquilibrer les produits de la pétrochimie en fonction de l'intérêt des marchés. « L'une des pistes explorées est de transformer l'excès de butène et d'éthylène en propylène. De manière à les rendre plus intéressants en pétrochimie et d'éviter le gaspillage. » Nom de code de cette piste: la métathèse!

## Transformer le butène et l'éthylène en propylène

La réaction de métathèse permet la transformation du butène et de l'éthylène en propylène. C'est une réaction thermodynamiquement neutre et donc relativement peu énergivore. « Ce processus permet de mieux gérer les réserves de propylène et ce à moindre coût environnemental. S'il est déjà bien connu des scientifiques, il requiert cependant encore certaines améliorations. Les catalyseurs propres à la métathèse

doivent encore être optimisés notamment. C'est précisément ce que j'ai étudié. » Par catalyseurs, comprenez des molécules qui permettent d'accélérer la réaction de métathèse et donc de la rendre plus performante. Première étape des recherches de Damien Debecker: identifier les catalyseurs potentiellement les plus intéressants. Ce qui l'a amené à se concentrer sur les catalyseurs à base de molybdène sur un support de silice-alumine (MoO<sub>3</sub>/SiO<sub>2</sub>-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>). Le molybdène n'est autre qu'un métal qui fait partie des composants essentiels de presque toutes les formes de production d'énergie. « Ces catalyseurs sont performants mais ils présentent des limitations: certaines étapes de leur préparation ont été identifiées comme critiques car accompagnées par la formation de cristaux d'oxyde de molybdène, par exemple. Or lorsqu'il est sous forme de cristaux, l'activité du molybdène est considérablement réduite. »



**« LES SCIENTIFIQUES OEUVRENT À LA MISE AU POINT DE PROCÉDÉS PERMETTANT DE RÉÉQUILIBRER LES PRODUITS DE LA PÉTROCHIMIE EN FONCTION DE L'INTÉRÊT DES MARCHÉS. »**

réussi à contourner ce problème à l'aide d'une simple étape de calcination qui permet d'augmenter le nombre d'atomes de molybdène en surface. » Et cela fonctionne plutôt bien puisque les catalyseurs obtenus par la méthode sol-gel non hydrolytique sont deux fois et demi plus actifs que les catalyseurs de référence.

**La méthode de pyrolyse de spray aérosol**  
 «Le principe de cette méthode est très simple! Elle consiste à injecter du molybdène, du silicium et de l'aluminium sous la forme d'une fine dispersion de gouttelettes dans une flamme. Une fois dans la flamme l'eau s'évapore, les composés organiques brûlent et les composés inorganiques se condensent sous forme d'oxyde de molybdène, de silicium et l'aluminium pour former le catalyseur souhaité. » L'avantage de cette technique est qu'elle est très facile à mettre en place par les industries et qu'elle permet une production continue de catalyseurs performants. « En outre, les oxydes de silicium et d'aluminium se condensent plus vite que l'oxyde de molybdène, on obtient directement le catalyseur souhaité (l'oxyde de molybdène en dépôt sur les oxydes de silicium et d'aluminium, ndr) contrairement à la méthode sol-gel non hydrolytique qui requiert une phase de calcination. » Cette technique produit des catalyseurs très actifs à partir de très petites quantités de molybdène, elle est donc particulièrement économique.



**LE PRIX UMICORE 2010 POUR DAMIEN DEBECKER**

Cette année, le Umicore Scientific Award a récompensé Damien Debecker pour ses recherches sur les catalyseurs à base de molybdène dans l'équipe du Prof. Eric Gaigneaux (UCL). Depuis 2007, ce prix met en évidence le rôle crucial de la recherche fondamentale académique en récompensant un docteur qui grâce à ses recherches a apporté une contribution importante à la science dans des domaines clés pour la croissance des activités d'Umicore, entreprise belge de production de métaux et pour le développement d'une société durable. Des domaines qui vont de la technologie et des applications des particules fines à la technologie des composés à base de métaux en passant par les énergies renouvelables, la catalyse et les problèmes économiques et sociaux liés aux composés à base de métaux.



© Lowette

Elise Dubuisson

**Et l'écologie dans tout ça ?**

« Il est difficile de parler d'écologie et de pétrochimie en même temps. La pétrochimie reste un domaine globalement polluant mais jusqu'ici irremplaçable pour une série d'applications. Notre recherche permet d'aller vers un mieux : pour le moment le moyen classique pour produire suffisamment de propylène afin de répondre à la demande industrielle est d'augmenter sa production en travaillant à de hautes températures et hautes pressions via des processus peu sélectifs. En revanche, la

métathèse offre une source parallèle de propylène au moyen d'un processus peu polluant et affichant une sélectivité proche du 100%. En améliorant la performance de celle-ci, on œuvre vers une utilisation plus rationnelle et plus efficace du peu de pétrole qu'il nous reste. Ce qui est déjà un grand progrès! »

Elise Dubuisson

**Développer des méthodes innovantes**

Fort de cette constatation, le chercheur s'est intéressé au développement de meilleurs procédés de fabrication. « Nous avons développé des stratégies innovantes qui permettent de surmonter ces limitations. Des stratégies offrant des catalyseurs plus actifs et par conséquent un meilleur rendement de la pétrochimie. Nous nous sommes particulièrement intéressés à deux approches: la méthode sol-gel non hydrolytique et la méthode de pyrolyse de spray aérosol. Deux techniques permettant d'obtenir un catalyseur en une seule manipulation. »

**La méthode sol-gel non hydrolytique**

« Il s'agit ici d'obtenir le catalyseur par des réactions de condensation dans un milieu sans eau. Une méthode qui permet d'obtenir des catalyseurs très poreux et donc très efficaces. En effet, plus le nombre de pores du catalyseur est important plus la surface de la réaction catalytique est grande. » Seul bémol, une partie du molybdène introduit dans la préparation est « perdue » dans le cœur du solide où il est inactif. En effet, pour que le catalyseur soit efficace, il faut impérativement que le molybdène soit accessible en surface. « Heureusement, nous avons

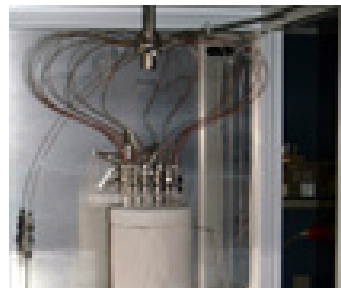
**Améliorer des techniques existantes**

Outre le développement de méthodes innovantes, Damien Debecker travaille également à l'amélioration de méthodes plus classiques. A l'image de ses recherches sur la formation de catalyseur par effet thermique. « Il s'agit d'une technique moins originale mais qui n'en n'est pas moins géniale... Puisque l'on obtient un catalyseur actif à partir de matériaux inactifs et ce à l'aide d'un traitement très simple! » C'est-à-dire ? Prendre un support fait de silice et d'alumine, qui sous cette forme est inactif, le mélanger à de l'oxyde de molybdène et les broyer. Sous l'effet d'un traitement thermique, l'oxyde de molybdène est sublimé et se dépose sur le support. « Actuellement, cette méthode reste moins performante que les catalyseurs de référence mais elle n'en n'est pas moins intéressante d'un point de vue fondamental. Nous ne la laissons donc pas de côté. Nous allons nous intéresser aux différents paramètres intervenant dans ce procédé pour qu'il devienne vraiment intéressant. »

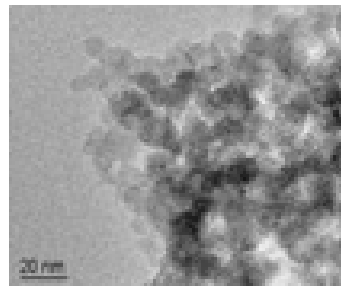


Damien Debecker  
 MOST, UCL  
 Damien.Debecker@uclouvain.be

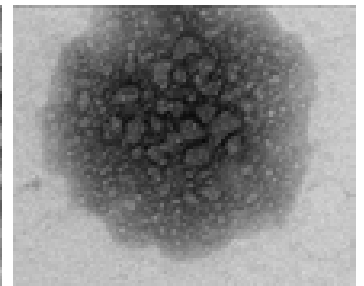
Multitube - installation catalytique



Cristal de Molybdène



Catalyseur MoO<sub>3</sub>-SiO<sub>2</sub>-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> à grande porosité, préparé en une étape par sol-gel non-hydrolytique



Catalyseur MoO<sub>3</sub>/SiO<sub>2</sub>-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> préparé par pyrolyse de spray aérosol. Le solide est composé de particules sphériques non poreuses à la surface desquelles se condense l'oxyde de Mo

D'après une interview du  
Professeur Alina Ferster  
(HUDERF, Bruxelles)

# Drépanocytose : du sang à la santé publique...

**Première maladie génétique mondiale en terme de population atteinte, la drépanocytose reste méconnue et traîne derrière elle, l'image d'une maladie purement africaine. C'est faux ! Elle sévit aussi bien en Inde que dans les Caraïbes et, vu les mouvements de population, elle n'est pas rare chez nous !**

La drépanocytose ou anémie falciforme constitue la première maladie monogénique dans le monde. Cette maladie atteint l'hémoglobine, chargée du transport de l'oxygène dans les globules rouges. Depuis sa première description en 1910 par le Dr James Herrick, un cardiologue de Chicago, sur un patient, Walter Clement Noel, étudiant en dentisterie et venant de l'île de Grenade (Caraïbes), on a pu déterminer la nature biochimique exacte de la maladie. Il s'agit de la substitution de l'acide glutamique par la valine en position 6 de la chaîne de  $\beta$  globine et qui correspond à la substitution d'une base nucléique Adénine par la Thymine au niveau de l'ADN (sur le chromosome 11). Cette simple erreur conduit à un changement majeur des propriétés de l'hémoglobine puisqu'au lieu d'un acide glutamique hydrophile, la chaîne  $\beta$  de l'hémoglobine possède une valine, qui, elle, est hydrophobe. Ceci provoque un changement de structure de l'hémoglobine dite « S », par rapport à l'hémoglobine normale dite « A1 », révélant les zones de contacts hydrophobes lorsque l'hémoglobine est désoxygénée. Ces zones hydrophobes ont tendance à se lier entre elles, ce qui facilite l'organisation des molécules d'hémoglobine en structures polymériques insolubles plus ou moins longues, qui vont déformer et rigidifier le globule rouge et lui donner sa forme caractéristique en faucille, ce qui a donné son nom à la maladie tant en français « anémie falciforme » qu'en anglais « Sickle Cell Disease » d'où le nom HbS (S pour Sickle), pour cette hémoglobine.

L'anémie vient du fait que ces globules rouges sont détruits en 10 ou 12 jours plutôt qu'en 120 jours comme le sont les globules rouges normaux.

## Un gène qui protège...

Cependant, pour bien comprendre la maladie, son origine et sa pérennité au fil des générations, il est indispensable de revenir sur son mode de transmission. En effet, celle-ci est autosomique récessive, ce qui veut dire que les deux parents (porteurs sains du gène ou hétérozygote) doivent transmettre le gène codant pour l'hémoglobine anormale pour que la maladie s'exprime dans la descendance (homozygote). Bien entendu, le hasard n'ayant pas de mémoire, le risque est le même à chaque grossesse.

On peut alors se demander pourquoi un gène aussi délétère a pu se maintenir de génération en génération au point d'être présent à l'état hétérozygote chez 15% des individus dans certaines régions du monde. Les premières descriptions de ce que l'on pense être la drépanocytose remontent à 3500 ans AC. On a pu retrouver des traces génétiques sur des momies et quelques historiens pensent qu'elle pourrait être à l'origine du décès de Toutankhamon. De nos jours, elles touchent près de 500.000 enfants chaque année dont plus de la moitié naît en Afrique sub-saharienne. Si l'on superpose les cartes où sévissent malaria et drépanocytose, on sera peut-être surpris de constater qu'elles se superposent presque parfaitement, en Afrique et en Inde notamment. En fait, être porteur du trait drépanocyttaire (être hétérozygote) confère une certaine protection contre les formes



graves de la malaria. En effet, les enfants porteurs du trait meurent moins des formes graves de la malaria que les enfants avec une hémoglobine normale ou les enfants drépanocytaires homozygotes.

Les conséquences de la maladie peuvent être dramatiques. Précisons que les manifestations n'apparaîtront que lorsque l'Hb fœtale (HbF) – majoritaire à la naissance – aura diminué et laissé la place à l'HbS, soit entre 6 mois et un an. Les globules rouges, devenus indéformables, engendrent des occlusions dans les capillaires sanguins. Cette vaso-occlusion se manifeste principalement par des crises de douleur. Souvent chez le petit enfant, un œdème des mains et des pieds peut se manifester, mais bien plus grave une séquestration des globules rouges déformés dans la rate. C'est ce que l'on appelle la séquestration splénique aiguë qui peut être associée à

un risque vital et nécessite une splénectomie en cas de récurrence. Chez la plupart des malades I, la rate n'est plus fonctionnelle, ce qui majore le risque de développer une infection bactérienne gravissime. C'est pourquoi ces enfants doivent être traités par antibiotiques au moins durant les premières années de vie.

Les patients souffriront à des degrés divers de crises douloureuses, de pneumopathies, d'accidents vasculaires cérébraux, de nécrose osseuse, d'insuffisance rénale, etc.

## Sous influence

La variabilité de la présentation de cette maladie est probablement le phénomène le plus étonnant qui la caractérise. En effet, ses manifestations dépendent de facteurs environnementaux, génétiques, mais aussi de pression sociale comme le stress.

500 000

enfants touchés chaque année dont plus de la moitié en Afrique Sub-saharienne

Le froid, par exemple, constitue une condition redoutable pour les drépanocytaires. Or, les mouvements volontaires (émigration) ou non (esclavage) ont amené ces populations dans des zones tempérées où les hivers peuvent être rigoureux. Par ailleurs, les systèmes de climatisation utilisés de manière intempestive dans les pays industrialisés leur causent aussi des soucis. Comme ces patients ne peuvent pas effectuer de travaux de charge en raison de l'atteinte osseuse et de l'anémie, ils sont effectivement confinés aux travaux sédentaires sous nos latitudes.

La déshydratation est une autre condition beaucoup plus fréquente dans des régions où l'accès à l'eau potable est problématique. Les infections et les infestations parasitaires, comme la malaria, constituent également des facteurs péjoratifs pour ces patients.

Rappelons que si les cartes géographiques du paludisme et de la drépanocytose sont superposables, la drépanocytose sévit aussi dans d'autres régions du monde comme dans les Caraïbes où les populations insulaires sont largement dominées par des personnes d'origine africaine, mais où la malaria est absente.

Les facteurs génétiques influencent aussi l'expression de la maladie. Ainsi, en Inde où la drépanocytose homozygote atteint 1 à 1,5% de certaines populations, une autre hémoglobinopathie, appelée l'alpha-thalassémie est également prévalente. L'association de la drépanocytose avec l'alpha-thalassémie augmente le taux d'HbF dans le sang du patient et contrebalance en quelques sortes les effets de la drépanocytose. Les patients ont alors des symptômes moins sévères.

S'il existe des facteurs de stress qui peuvent influencer l'apparition de crises douloureuses, à l'inverse, vivre dans un milieu apaisant, entouré par ses proches, permet

de réduire la survenue de crises douloureuses chez le drépanocytaire. L'explication n'en est pas encore totalement élucidée mais fait intervenir certainement une composante adrénérique. Enfin, le cours exact de la maladie peut être différent au sein d'une même fratrie de patients drépanocytaires.

Dès lors même si la maladie est monogénique, son phénotype est polymorphe et plusieurs études récentes montrent qu'il est sous contrôle polygénique. Rien qu'à ce titre, la drépanocytose fait figure de modèle et mérite d'être étudiée plus avant.

### Conséquences multiples, prise en charge individuelle

Pour ce qui concerne les traitements, un seul a pu se montrer curatif: il s'agit de la greffe de cellules souches hématopoïétiques provenant soit de la moelle, soit du sang de cordon d'un donneur sain familial compatible. Cette technique n'est réalisable que dans nos pays et probablement pas avant longtemps en Afrique en raison des moyens à mettre en œuvre. Rappelons que la Belgique a fait figure de pionnière dans la prise en charge de ces patients par transplantation. Toutefois même chez nous, l'accès à la greffe reste limité en raison de l'absence de donneur familial compatible pour la majorité des patients. Rappelons qu'elle n'est pas dénuée de risque, comme toute greffe.

Un vieux médicament – l'hydroxyurée – utilisé auparavant pour le traitement de certains syndromes myéloprolifératifs a été étudié ces dernières années. L'hydroxyurée induit une augmentation du taux d'HbF et permet ainsi de réduire un grand nombre de complications liées à la maladie. Cependant, il s'agit d'un traitement chronique - à vie - et hors de portée des patients dans certaines régions du monde. La fréquence de certaines complications graves peut

être réduite par des traitements transfusionnels chroniques, comme c'est le cas pour le risque de développer un accident vasculaire cérébral, par exemple.

La prise en charge des crises douloureuses est également très importante. Elle repose sur l'hydratation correcte et l'utilisation d'antalgiques mais rappelons que certains médicaments comme le paracétamol ne sont pas forcément accessibles aux populations qui en ont le plus besoin. Rappelons également l'importance des mesures d'hygiène de base, d'une alimentation équilibrée, de l'éviction tabagique ainsi que l'effet néfaste du froid, des températures trop élevées et de la déshydratation.

Dans les pays émergents, outre les conséquences médicales, la drépanocytose se greève aussi d'une charge sociale très importante. Heureusement, l'éducation amoindrit cet impact, mais il n'est pas rare que les mères soient abandonnées par la famille avec leur(s) enfant(s) drépanocytaire(s), car ces derniers sont considérés comme apportant le malheur. Même s'il s'agit le plus souvent d'un prétexte, il faut dire que les familles éprouvent d'énormes difficultés à faire face au surcoût que représentent les enfants malades.

Quelles solutions? D'une part, il semble indispensable d'améliorer le dépistage précoce de la maladie, dès la naissance, afin de mettre en place des procédures de prévention efficace (éducation, complications, etc.) et ce, dans un centre spécialement dédié à cette maladie d'une part. Ceci permet d'offrir une prise en charge optimale des patients et de leur famille. Le dépistage néonatal permet de réduire le risque de décéder en bas âge. D'autre part, il est nécessaire de dépister et d'informer les couples à risque d'avoir un enfant malade. Ceci peut se faire lors de consultations prénuptiales ou prénatales. Certains, comme en Inde, préconisent alors un diagnostic prénatal. Les autorités indiennes poussent la logique à son terme puisqu'elles proposent d'accompagner les parents jusqu'à après l'avortement.

La drépanocytose est une maladie aux facettes multiples, au cours imprévisible qui est un réel enjeu de santé publique dans de multiples régions du monde. Sa prise en charge repose sur l'éducation des parents et du patient, sur la mise en œuvre des moyens thérapeutiques - inégaux entre le Nord et le Sud - et surtout sur la prévention de naissances d'enfants malades. La meilleure stratégie de prévention et de dépistage dans les régions du monde où la maladie est la plus prévalente reste à déterminer.

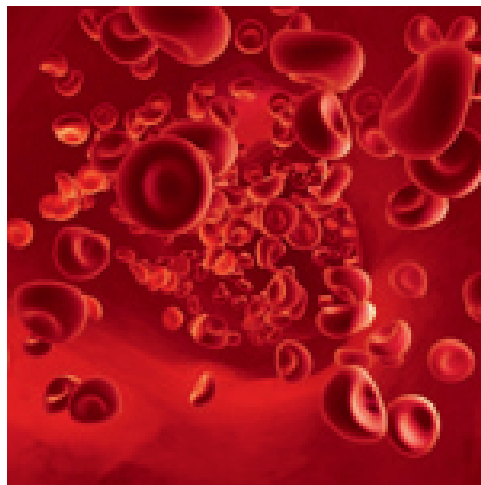
Pierre Dewaele

Pierre Dewaele



## HÉMOGLOBINE : UN COMPLEXE MOLÉCULAIRE

L'hémoglobine est en fait un tétramère constitué de deux paires de chaînes moléculaires différentes et qui changent au cours de la vie. Ainsi lors de notre vie fœtale, l'hémoglobine est formée de deux chaînes Alpha et de deux chaînes Gamma, ce qui est caractéristique de l'hémoglobine fœtale (HbF). Après la naissance, et au cours des premiers mois de la vie, cette HbF sera remplacée par une hémoglobine dite Adulte (HbA), formée de deux chaînes Alpha et de deux chaînes Bêta. Dans une moindre mesure (1,5 à 3%), on retrouve une autre forme d'hémoglobine tant chez l'adulte que chez l'enfant appelée HbA2, constituée de deux chaînes Alpha et de deux chaînes Delta.



Alina Ferster, Onco-Hématologie  
Pédiatrique, HUDERF-ULB  
aferster@ulb.ac.be



# Droit à l'information en matière nucléaire

## Doser le risque et le bénéfice...

L'actualité dramatique de la centrale de Fukushima au Japon nous rappelle à quel point découvrir que des informations importantes ont été tues ou déformées (sciemment ou non) induit inéluctablement une grande méfiance du public. Ceci cadre parfaitement avec le thème de recherche du Centre de droit public de l'ULB : comment appliquer la transparence et la participation du public dans les processus décisionnels en matière de nucléaire...



### LA CONVENTION D'ÂRHUS EN BREF

- Cette convention signée par 41 pays (essentiellement d'Europe occidentale) vise à sensibiliser et impliquer le grand public dans les questions environnementales.
- Ce projet repose sur trois piliers :
  - **1. Assurer l'accès du public à l'information sur l'environnement détenue par les autorités publiques.** Chacun peut donc demander aux autorités compétentes des informations s'il considère que le projet menace l'environnement. Néanmoins, une demande peut être rejetée pour des raisons de secret des délibérations des autorités publiques, de défense nationale, de sécurité publique, pour permettre la bonne marche de la justice ou afin d'être en conformité avec le secret commercial et industriel, les droits de la propriété intellectuelle, le caractère confidentiel des données ou les intérêts d'un tiers qui a fourni volontairement les informations. Mais ce refus devra être motivé et mentionner les voies de recours possibles.
  - **2. Favoriser la participation du public à la prise de décisions des pouvoirs publics, en matière d'environnement** (par exemple, pour l'installation d'industries). Le public doit être informé sur le projet, la nature de la décision à adopter, l'autorité en charge, la procédure envisagée, y compris les détails pratiques de la procédure de consultation et la procédure d'évaluation de l'impact sur l'environnement (si elle est prévue). Les pouvoirs publics ne peuvent ignorer les remarques formulées.
  - **3. Accès à la justice en matière d'environnement** : si une personne considère qu'elle n'a pas reçu l'information nécessaire, elle peut saisir la justice.

Carine Maillard

La nécessité de mieux informer le public en matière d'environnement, dont les risques nucléaires font partie, est reconnue depuis 1998 par les États signataires de la Convention d'Ârhus. Elle établit le droit pour les citoyens de disposer d'une information fiable et complète ainsi qu'un droit à participer aux prises de décisions des instances publiques en la matière et leur accorde des recours juridiques pour faire respecter ces droits (lire encadré). Cette convention a d'ailleurs été ratifiée en 2003 par la Belgique et de nombreuses mesures pour la mettre en œuvre ont été prises pour la faire respecter. Néanmoins, tout n'est pas gagné pour autant, comme le soulignent les chercheurs du Centre de droit public de l'ULB, dont Youri Mossoux, qui a récemment exposé comment cette convention est appliquée chez nous, au niveau fédéral et met en évidence ses limites. Pour en revenir à l'actualité, il est bon de savoir que le Japon n'en est pas signataire. Il doit bien sûr informer

les pays tiers en cas d'accident nucléaire, mais en temps normal il n'est pas soumis à une obligation de transparence aussi forte que celle qui pèse sur la Belgique... Résultat : l'information que communiquent les pays européens concernant le risque nucléaire dépend en partie du bon vouloir de non-signataires...

### 5 km insuffisants

Lier la protection de l'environnement au débat démocratique est l'objectif premier de la Convention d'Ârhus. « Chez nous, nous avons à la fois la législation européenne et la Convention d'Ârhus qui s'appliquent en matière de participation publique, mais en cas de désaccord entre les deux, c'est la mesure la plus sévère qui devra être d'application », explique Youri Mossoux. Ainsi, le public est appelé non plus à assister aux décisions, mais à en être coauteur. « Chez nous, cela se passe sous la forme d'enquête publique : les autorités doivent prendre en compte les avis récoltés et indiquer soit pour-



**« IL FAUDRAIT SE DIRIGER  
VERS UN SYSTÈME  
PLUS ACTIF, OÙ LES  
AUTORITÉS PUBLIERAIENT  
SPONTANÉMENT LES  
INFORMATIONS NÉCESSAIRES.  
L'INFORMATION PASSIVE  
DEVRAIT DONC DEVENIR  
L'EXCEPTION. »**

compte un rayon de 5 km autour du site où est réalisé un affichage, mais on constate à quel point ce périmètre est insuffisant, surtout dans le cas de problème nucléaire, par exemple, qui aura un impact nettement plus large ! » Il suffit de voir le périmètre qui a été défini autour de la centrale de Fukushima : une zone de 30km autour de la centrale a été décrétée interdite...

Une autre limite est la technicité des informations : « Elle doit être compréhensible par le public, ce qui n'est pas toujours le cas. On constate aussi que le délai de 30 jours accordé pour donner son avis peut être insuffisant, d'autant que si le public veut des informations complémentaires et les demandes aux autorités, celles-ci disposent du même délai pour y répondre, ne permettant plus dès lors aux demandeurs de les analyser et émettre dans les temps leur avis lors de l'enquête publique... Ce problème a été résolu au niveau régional en Wallonie, mais pas au niveau fédéral... »

**Une obligation, mais pas pour tous...**

Ceci dit, ce système présente des lacunes, selon les chercheurs. Tout d'abord, l'enquête publique n'est pas obligatoire, excepté pour la construction de nouveaux établissements nucléaires de classes 1 et 2 (soit les plus dangereux) ou pour leur extension importante en respect du règlement sur la protection contre les rayonnements ionisants. « Par ailleurs, il faut savoir que les administrations donnent la priorité aux avis des personnes considérées comme les plus informées – ONG, pompiers... – que ceux des particuliers... De plus, elles sont rarement à l'origine de l'abandon d'un projet, mais davantage de son adaptation... »

Le nucléaire a cependant quelques spécificités par rapport à d'autres industries : « Vu l'ampleur des risques (diffusion de la radioactivité dans l'air, dans l'eau...), la portée des enquêtes publiques devrait être élargie. Au niveau

quoi elles les rejettent, soit comment elle va en tenir compte. Cependant, la Constitution n'octroie pas d'emblée aux citoyens le droit de participer à l'élaboration de toutes les décisions publiques. Il faut qu'un texte législatif spécifique le prévoie. La Cour européenne des droits de l'homme a confirmé ce droit, jugeant qu'afin de respecter le droit à la vie privée et familiale, les autorités publiques devaient consulter le public avant de prendre une décision qui pourrait porter atteinte à leur santé ou leur bien-être. »

Il n'empêche que l'application de l'enquête publique est soumise à certaines conditions : « Il faut qu'elle soit lancée précocement avant toute prise de décision, pour laisser le temps nécessaire au public pour s'informer et se prononcer et pour que les autorités puissent tenir compte de ces avis dans le choix entre les options possibles ; mais pour des raisons pratiques, elle doit être prise après l'avis du Conseil scientifique qui visera à éliminer certains projets considérés comme trop risqués. Ensuite, il faut établir un système d'échange d'avis efficace, par exemple via un relais comme une association locale. Enfin, cette enquête publique est ouverte à tous, quelle que soit la nationalité, la personnalité juridique, etc. Actuellement, on prend en

de la temporalité également, on pourrait envisager de nouvelles prises d'avis des riverains, car il n'est pas logique de se limiter à une consultation au moment de la construction, qui sera valable des dizaines d'années durant, malgré de nouvelles connaissances scientifiques, notamment... Ceux qui se prononcent au moment de la construction ne sont pas nécessairement ceux qui seront les plus soumis au risque, qui peut survenir après des dizaines d'années d'exploitation ou même après plusieurs milliers d'années si l'on prend en compte les déchets radioactifs... Notons aussi que l'exploitant des centrales nucléaires – chez nous Electrabel – n'est pas soumis à l'obligation de donner des informations, mais uniquement les autorités publiques... contrairement à ce qui se passe en France, pays pourtant plus actif dans le nucléaire... »

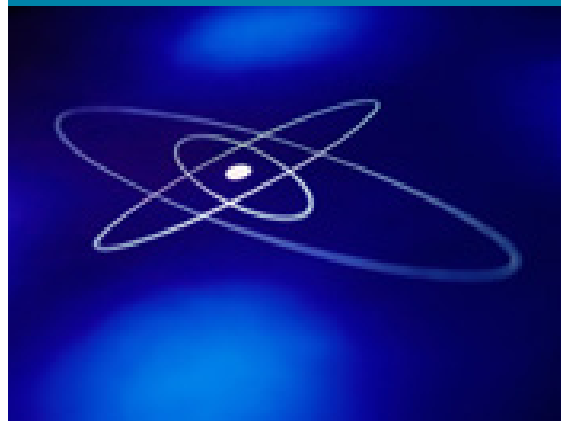
Parmi les situations où l'information peut être refusée (lire encadré), il y a le risque posé si les autorités estiment que la population qui en prendrait connais-



**QUID DU JAPON ?**

Le Japon n'est pas signataire de la Convention d'Århus, ce qui ne le soumet pas à ses obligations. Néanmoins, l'opinion publique des pays signataires ne peut que pousser les dirigeants de certains pays à demander des comptes aux dirigeants japonais. Malheureusement, pour différentes raisons, allant de la minimisation des effets sur l'environnement pour ne pas dégrader l'image de marque du pays ou de l'entreprise gestionnaire du site, à l'optimisme afin de ne pas créer la panique dans la population, les autorités japonaises n'ont pas donné les informations que les ONG jugeaient pourtant nécessaires pour mieux connaître l'impact des fuites radioactives dans l'environnement (air, mer, nappes phréatiques, herbes mangées par le bétail, etc.)

Carine Maillard



sance pourrait adopter des réactions pouvant mettre sa vie ou celle d'autrui en jeu. C'est probablement le dilemme qui se pose au Japon : comment informer sans générer une panique ?

Si un accès est théoriquement accordé au grand public, il n'en reste pas moins que la procédure est passive pour les autorités : « Ce n'est que lorsque le public demande des informations qu'elles doivent les donner ; or, il faudrait se diriger vers un système plus actif, où les autorités publieraient spontanément les informations nécessaires. L'information passive devrait donc devenir l'exception », souligne Frankie Schram, du SPF Intérieur mais qui s'exprime en son nom personnel...

Carine Maillard



Youri moussoux  
CDPub, ULB  
ymoussoux@ulb.ac.be

# Le fantôme de la liberté

**La conscience serait-elle un épiphénomène et le libre arbitre, une illusion ? C'est la réalité que semble dessiner le courant matérialiste des rapports « corps-esprit », largement dominant en neurosciences.**

« Abstraction faite d'explications mystiques ou religieuses, il apparaît clairement que la conscience est enracinée dans des processus biologiques », dit Axel Cleeremans, Directeur de recherches au F.R.S.-FNRS et professeur de sciences cognitives à l'Université libre de Bruxelles (ULB). Depuis que l'imagerie médicale a ouvert une fenêtre sur le fonctionnement dynamique du cerveau, tout indique en effet que l'activité cérébrale est l'unique support de notre vie mentale.

Le langage courant, mais aussi le langage de la science, demeurent le plus souvent imprégnés de dualisme : nous continuons à raisonner comme si ce qui se passe dans notre tête n'était pas entièrement produit par l'activité de notre cerveau. Mais si l'on adopte la perspective matérialiste des rapports « corps-esprit », à laquelle aucun argument rationnel ne semble actuellement en mesure d'apporter le contredit, l'activité cérébrale précède forcément l'activité mentale qu'elle produit.

« Le scénario selon lequel notre conscience déciderait d'accomplir une

action, puis en informerait le cerveau afin qu'il mette en branle les mécanismes qui aboutiraient à l'exécution de l'action projetée est un scénario naïf impliquant le retour à une forme de dualisme », estime Axel Cleeremans. La science nous dévoile en fait une tout autre vérité : ce n'est pas tant que l'état mental numéro 1 cause l'état mental numéro 2, mais plutôt que l'état physique numéro 1 cause l'état mental numéro 1 et a pour conséquence l'état physique numéro 2, qui est lui-même perçu comme état mental numéro 2.

## Choix sous conditions

Pour l'heure, de nombreux débats portent cependant sur la réalité, mais surtout sur la forme, de cette causalité descendante où les niveaux les plus organisés (états mentaux) d'un système complexe influencent, par effet de feed-back, les niveaux d'organisation inférieurs (états physiques). Des recherches très actives sont menées sur ce thème, notamment à partir d'un concept appelé Granger causality, initialement appliqué en économie, mais qui a essaimé aujourd'hui vers l'étude des relations de

causalité dans le cadre de l'analyse de la connectivité des circuits cérébraux.

Pour Daniel C. Dennett, de Tufts University, aux États-Unis, la définition communément donnée du libre arbitre (en substance, avoir la liberté de faire ce que l'on veut) est incompatible avec la causalité physique qui sous-tend la conscience. « Ainsi, les êtres

humains ont le sentiment qu'ils pourraient changer d'avis jusqu'au moment ultime précédant l'accomplissement d'une action projetée, indique Axel Cleeremans. Cela est impossible, car à partir d'un certain moment, l'influx nerveux qui va conduire à la réalisation effective de cette action est en route et ne peut être arrêté. »

De façon cruciale, Dennett estime qu'un individu qui a opéré un choix dans les conditions physiques particulières où il se trouvait n'aurait pas pu faire un autre choix. Imaginons que quelqu'un prenne la décision de pousser sur un bouton A plutôt que sur un bouton B. S'il est plongé exactement dans la même situation, son choix pourra-t-il être différent ? « Non, il sera inévitablement le même, ou alors il faut invoquer une intervention extérieure, ce qui est en désaccord avec l'idée que l'activité cérébrale est à l'origine de l'activité mentale », dit Axel Cleeremans.

Pour notre interlocuteur, les difficultés que font naître en nous la conception matérialiste des rapports « corps-esprit » pourraient être éliminées en abandonnant l'idée que « je suis différent de l'activité de mon cerveau. » Nous avons l'impression de perdre



Prof. Axel Cleeremans, ULB.



## MÉCANIQUE QUANTIQUE

L'activité de nos neurones trouvant son fondement aux échelons des molécules, des atomes et, in fine, des particules élémentaires, d'aucuns voient dans la mécanique quantique, plus particulièrement dans le principe d'indétermination formulé en 1927 par Werner Heisenberg, un argument fort en faveur du libre arbitre.

Même si le déterminisme n'est pas absolu, comme le suggère la mécanique quantique - certains physiciens défendent néanmoins la thèse d'un déterminisme sous-jacent -, cela conduit-il pour autant à la liberté ? Non. « Il serait tout aussi inconfortable de se dire que nos décisions sont le fruit du hasard que de penser qu'elles sont totalement déterminées », fait remarquer à ce propos Axel Cleeremans.

Dans son ouvrage *Freedom evolves*, Daniel C. Dennett estime par ailleurs que le libre arbitre n'est compatible qu'avec un univers déterministe. Étonnant ? Oui et non. Si l'univers n'était pas déterministe, il serait chaotique, imprévisible, et aucun agent intelligent ne pourrait prendre des décisions en pouvant en prévoir les conséquences.

Philippe Lambert



**« DENNETT ESTIME QU'UN INDIVIDU QUI A OPÉRÉ UN CHOIX DANS LES CONDITIONS PHYSIQUES PARTICULIÈRES OÙ IL SE TROUVAIT N'AURAIT PAS PU FAIRE UN AUTRE CHOIX. »**



**CONSCIENCE : UNE FONCTION SOCIALE ?**

Selon le psychosociologue américain Daniel Wegner (Université Harvard), auteur de *Illusion of free will*, la conscience serait une fonction ancree dans la nécessité qu'ont les espèces sociales de partager leurs états mentaux. Elle nous aurait été transmise par l'évolution, au même titre que le sentiment erroné que nous éprouvons d'avoir prise sur les événements – sans ce sentiment, une espèce complexe ne pourrait survivre.

Philippe Lambert



quelque chose en acceptant cette réduction, mais cette impression disparaît quand on reconnaît que le cerveau, loin d'être une machine qui se contenterait d'exécuter les instructions de l'âme, est en réalité extraordinairement plastique. Notre trajectoire individuelle à travers l'existence s'y inscrit donc en permanence et sa structure est dès lors tout aussi unique que notre personnalité.

**Informé après coup ?**

Quelles qu'en soient les modalités, la vision matérialiste de l'esprit ne peut sauver la liberté telle que nous la concevons intuitivement. D'autant qu'après avoir célébré l'identité entre l'activité cérébrale et les états mentaux, les neurosciences mettent en lumière l'importante implication de processus inconscients<sup>(1)</sup> dans les phénomènes conscients.

En 1983, le neurophysiologiste américain Benjamin Libet, aujourd'hui décédé, réalisa une expérience dont les résultats, reproduits ensuite par d'autres, continuent à susciter des débats passionnés. Les participants avaient pour instruction de pousser sur un bouton quand ils le sou-

haitaient, dans un délai de dix secondes. Ils devaient également repérer sur un indicateur temporel figurant une horloge le moment où ils avaient pris la décision d'appuyer sur le bouton. Parallèlement, leur activité cérébrale était enregistrée par électroencéphalographie (EEG).

On sait que l'exécution du mouvement de flexion du poignet pour pousser sur un bouton est précédée de quelque 500 millisecondes par une variation lente du potentiel électrique du cerveau, baptisée potentiel de préparation motrice (PPM). Or, dans l'expérience de Libet, les sujets ne rapportaient avoir éprouvé l'intention d'effectuer ce geste que 250 millisecondes avant son déclenchement, soit après le début du PPM. En d'autres termes, tout se passait comme si la conscience des participants était informée après coup qu'un mouvement allait être exécuté.

Pour Axel Cleeremans, la principale réserve qu'on pourrait émettre à l'égard de ces résultats tient au fait que, même si on laisse au sujet le choix du moment où il appuiera sur le bouton, il connaît la tâche qui lui incombe. En quelque sorte, il a reçu une « méta-instruction ». Aux yeux du chercheur

de l'ULB, cela ne remet cependant pas fondamentalement en cause les conclusions que Libet a dégagées de son expérience : l'intervention première de processus non conscients dans la programmation volontaire du mouvement et, partant, le caractère illusoire du libre arbitre.

**Étranges prédictions**

En mai 2008, *Nature Neuroscience* publia un article de Chun Siong Soon, Marcel Brass, Hans-Jochen Heinze et John-Dylan Haynes : *Unconscious determinants of free decisions in the human brain*. Les quatre auteurs y présentaient des résultats expérimentaux qui allaient dans le sens de ceux de Libet, mais avec plus de force encore. Des volontaires, dont l'activité cérébrale était enregistrée au moyen de l'imagerie par résonance magnétique fonctionnelle (IRMf), étaient appelés à pousser au choix sur un bouton gauche ou sur un bouton droit, quand bon leur semblait. Lorsqu'ils prenaient conscience de leur intention d'agir, ils devaient mémoriser une des lettres qui se succédaient toutes les 500 millisecondes sur un écran.

« En mettant en relation tous les éléments recueillis, les chercheurs montrèrent, grâce aux techniques sophistiquées d'analyse multivoixels, que l'activité des cortex préfrontal et pariétal permettait de prédire, dans 80% des cas, l'action que le sujet allait poser (bouton gauche, bouton droit) jusqu'à dix secondes avant que lui-même ne soit conscient de sa décision », rapporte Axel Cleeremans. Hallucinant et interpellant !

Faut-il donc partager l'opinion de Dennett et Libet lorsqu'ils assimilent la conscience à un épiphénomène et considèrent que nous ne sommes que des automates exécutant des choix sans les dominer ? Parler d'opinion et de choix serait alors un paradoxe.

(1). Il s'agit ici de processus s'exécutant à notre insu (concept d'inconscient cognitif) et non de l'inconscient psychanalytique.

Philippe Lambert



[www.co3.ulb.ac.be](http://www.co3.ulb.ac.be)



Axel Cleeremans  
Co3, ULB  
Axel.Cleeremans@ulb.ac.be

50%

des personnes testées  
ont cru avoir été en  
ballon

# Les inventions de la mémoire

**Parfois, nous croyons dur comme fer à ce qui n'est qu'un faux souvenir élaboré par nos processus mentaux. Une étude récente montre l'impact que peut revêtir le contexte émotionnel dans ce phénomène.**

Notre mémoire nous leurre quelquefois en produisant des constructions de toutes pièces. On sait aujourd'hui que trois conditions sont nécessaires à la manifestation de ce phénomène, à l'émergence d'un faux souvenir. Primo, le sujet doit accepter la plausibilité de l'événement concerné. Secundo, il doit s'en construire une représentation mentale. Tertio, il doit commettre une erreur quant à la source de l'information récupérée ; en d'autres termes, cette dernière doit lui apparaître comme issue du passé et non comme le résultat d'un travail mental récent, telle une rêverie ou une activité d'imagerie.

## Là-haut en ballon...

Lors des premières études menées en laboratoire, les expérimentateurs recouraient presque exclusivement à des narrations de récits « fabriqués » (« Votre mère nous a dit que... ») pour induire de faux souvenirs. Un

pourcentage appréciable de sujets se laissaient piéger. Au début des années 2000, Stephen Lindsay, de l'Université de Victoria, au Canada, parvint à un résultat analogue à partir de la présentation de photos. Ainsi, il réussit à convaincre environ la moitié des volontaires qui s'étaient prêtés à son expérience qu'ils avaient effectué un vol en montgolfière dans leur enfance, alors qu'ils n'étaient jamais montés dans un ballon. Chacun se voyait présenter des photos de famille dont une, truquée, où il était à bord d'une montgolfière aux côtés de son père. Tout le monde peut s'imaginer en train de voler en montgolfière. Et par ailleurs, la photo truquée asseyait la plausibilité d'avoir participé à un tel vol. Mais ce n'était pas suffisant pour qu'écluse un faux souvenir. Encore fallait-il générer une erreur de source. Lindsay y parvint chez de nombreux sujets en les invitant à réfléchir durant quelques jours à ce vol en ballon auquel ils auraient pris part. « Ça nous intéresserait de

savoir si de petits détails vous reviennent à propos de cet événement », leur disait-il. Dans 50% des cas environ, les personnes testées affirmèrent alors avoir retrouvé des bribes de souvenir. Elles finissaient donc par croire que l'événement était bien réel. « À force d'essayer de se remettre en situation afin de découvrir des détails accréditant la réalité de l'événement, les sujets en venaient à produire une imagerie tellement féconde qu'elle acquerrait une série de propriétés très similaires à celles d'un véritable souvenir, dont une des caractéristiques réside dans la richesse des détails perceptifs (visuels, auditifs, olfactifs...), contextuels et autres liés à l'événement vécu », explique Serge Brédart, professeur de psychologie cognitive à l'Université de Liège. Tout aussi étonnants sont les résultats d'une étude récente réalisée par Kimberly Wade, de l'Université de Warwick, en Angleterre. Il ressort de ces travaux que le simple fait de présenter une photo de classe parallèlement à l'énoncé d'un événement fictif censé s'être déroulé durant la période de la scolarité peut générer un faux souvenir. « Un indice général, sans lien direct avec l'événement fabriqué, peut donc suffire à faire éclore un tel souvenir », commente Hedwige Dehon, assistante au sein du service de psychologie cognitive de l'ULg.

**Au pied de mon arbre**

Dans un article<sup>(1)</sup>, publié en 2010 dans la revue *Emotion*, Hedwige Dehon, Frank Larøi et Martial Van der Linden se sont intéressés à l'influence de la valence émotionnelle (émotions neutres, positives ou négatives) sur la production de faux souvenirs. En effet, comme le soulignent les auteurs, « la présence de détails accompagnant les souvenirs aura une importance cruciale pour l'attribution exacte d'une source. » Or, comme ils le précisent, « de nombreuses études montrent que les informations

émotionnelles (principalement négatives) sont mieux rappelées et s'accompagnent de plus de détails contextuels associés à leur présentation que des informations neutres<sup>(2)</sup>. » Pour mener à bien leurs travaux, Hedwige Dehon, Frank Larøi et Martial Van der Linden eurent recours au paradigme DRM (Deese-Roediger-McDermott), très utilisé ces dernières années pour étudier en laboratoire l'apparition de faux souvenirs. Comment fonctionne le DRM ? On présente aux sujets une liste de mots – feuille, branche, tronc, bois, écorce... – possédant tous un lien sémantique avec un autre mot, le « mot cible », qui, lui, n'apparaît pas – arbre dans notre exemple. Très fréquemment, lors d'une épreuve ultérieure de mémoire où ils doivent soit reconnaître dans une liste qu'on leur soumet les termes préalablement portés à leur connaissance (épreuve de reconnaissance), soit produire ces termes (épreuve de rappel), les sujets citent le leurre. En l'occurrence, arbre. Selon de nombreux auteurs, l'erreur commise serait provoquée, du moins partiellement, par une difficulté de « monitoring de la source » (ou monitoring de la réalité), les sujets pensant que le leurre a été présenté par l'expérimentateur alors que c'est leur propre système cognitif qui l'a généré. Au cours de leurs expériences, les psychologues de l'ULg présentèrent à 32 jeunes volontaires des listes de 12 « associés sémantiques » (des mots liés sémantiquement) convergeant vers un mot cible qui, lui, ne fut jamais présenté. Au sein de chacune des listes, les associés sémantiques et le mot cible correspondant possédaient tous la même valence émotionnelle – neutre, positive ou négative. Une épreuve de reconnaissance et une épreuve de rappel furent alors organisées. En outre, dans les deux cas, il était demandé à chaque

**« UN INDICE GÉNÉRAL, SANS LIEN DIRECT AVEC L'ÉVÉNEMENT FABRIQUÉ, PEUT DONC SUFFIRE À FAIRE ÉCLORE UN TEL SOUVENIR »**

participant d'exprimer « un degré de certitude quant aux réponses fournies, sur une échelle en 5 points (1 : « Je ne suis pas très sûr » – 5 « Je suis certain que ce mot a été présenté ») et de déterminer dans quelle mesure il était capable de récupérer des informations relatives à la présentation des items reconnus (jugement « Remember-Know »)<sup>(3)</sup>. »

**Le poids de l'émotion**

Quels furent les résultats de ces travaux ? Tout d'abord, la valence émotionnelle n'a d'incidence ni sur la reconnaissance ni sur le rappel des mots réellement présentés. De même, elle n'affecte pas les degrés de certitude et les jugements « Remember-Know » associés. En revanche, les fausses reconnaissances et les faux rappels sont plus nombreux pour les listes positives et négatives que pour les listes neutres. Toutefois, les taux d'erreurs relatives aux deux types de listes « émotionnellement chargées » sont similaires : pas de différence entre émotions positives et émotions négatives. « Par ailleurs, les degrés de certitude associés aux trois types de fausses reconnaissances sont semblables, suggérant que la valence émotionnelle n'influence pas la confiance accompagnant la production de faux souvenirs », précise Hedwige Dehon. Cependant, le résultat le plus intéressant est sans doute que les jugements « Remember » se révèlent nettement plus fréquents (plus de 20% de différence) quand ils ont trait à de fausses reconnaissances



Prof. Serge Brédart, ULg.

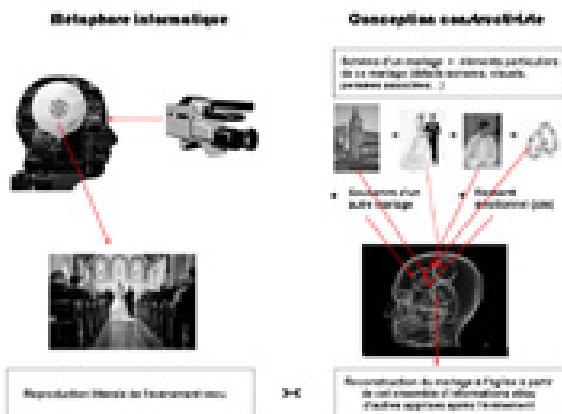
et de faux rappels issus des listes DRM négatives que lorsqu'ils émanent de listes DRM positives ou neutres. « Ce sentiment de se souvenir d'éléments contextuels de la prétendue présentation du mot cible – on parle de « recollection illusoire » – est la signature d'un « vrai » faux souvenir, indique Hedwige Dehon. Dans l'hypothèse où l'individu ne peut rien produire à ce sujet, nous sommes plutôt dans le cadre d'une simple « erreur mnésique ». »

(1). Hedwige Dehon, Frank Larøi et Martial Van der Linden, *Affective Valence Influences Participant's Susceptibility to False Memories and Illusory Recollection*, dans *Emotion*, 2010, vol. 10, no 5, 627-639.  
 (2). Idem.  
 (3). Idem.

Philippe Lambert



**L'HYPOTHÈSE DE PORTER**

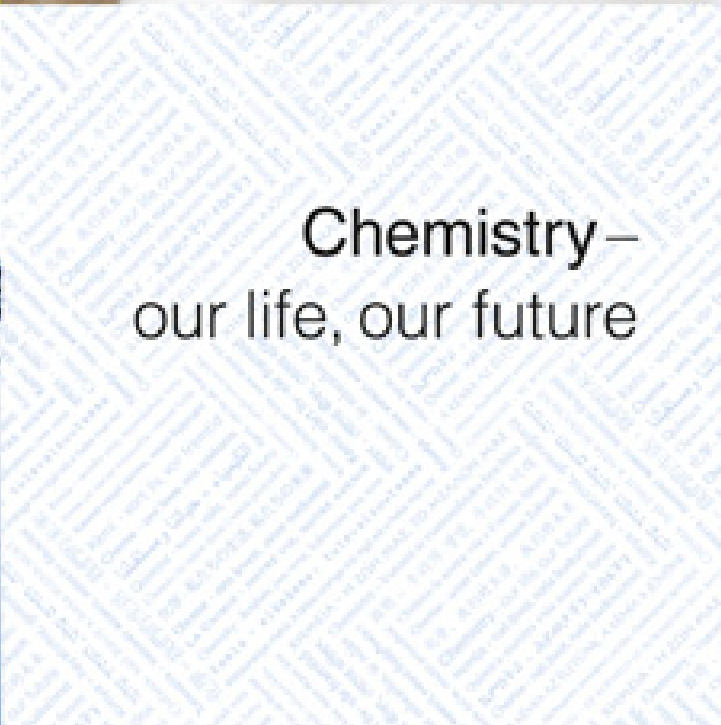
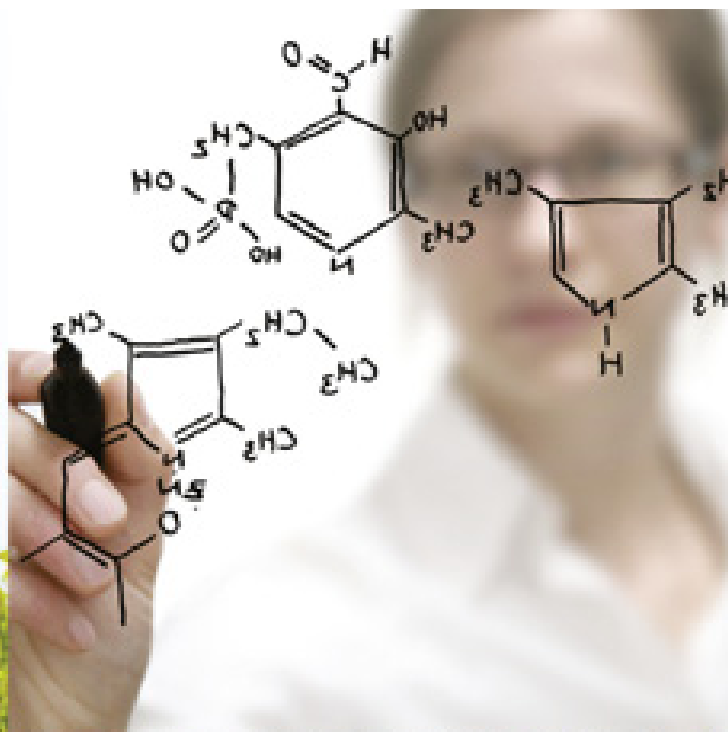


L'expérience réalisée à l'ULg semble confirmer l'influence de la nature émotionnelle d'un événement dans la production de faux souvenirs. Les attributions de source seraient rendues plus ardues en raison de la double similarité (sémantique et affective) des listes émotionnelles, de sorte que le caractère distinctif des items composant ces listes s'en trouverait réduit.

Toutefois, cela n'explique pas pourquoi le phénomène de recollection illusoire est préférentiellement induit par les listes négatives. Dans ses travaux, Stephen Porter (University of British Columbia, Canada) a élaboré une hypothèse qui fut baptisée l'hypothèse de l'émotion négative paradoxale. Nous savons que les informations négatives ont une importante valeur adaptative pour l'être humain. Aussi y serions-nous plus sensibles, mais, selon Porter, au prix d'un « biais » des processus de monitoring de source qui amoindrirait nos performances au moment d'opérer des vérifications dans le contexte d'informations émotionnelles négatives.

« Vu l'importance qu'elles revêtent pour notre survie, les informations négatives nous rendraient plus sensibles aux distorsions mnésiques et aux faux souvenirs », conclut Hedwige Dehon. Ce qui compte dans ce cas précis, c'est moins de savoir par qui, quand et comment nous avons appris ce genre d'information, mais bien de maintenir cette information. »

Philippe Lambert



Chemistry –  
our life, our future



International Year of  
**CHEMISTRY**  
2011

**Celebrate Chemistry**  
connect + participate  
[www.chemistry2011.org](http://www.chemistry2011.org)

