

# [Athena]

Décembre  
2012

Le mag' *scientifique*

www.athena.wallonie.be • Mensuel ne paraissant pas en juillet et août • Bureau de dépôt Charleroi X

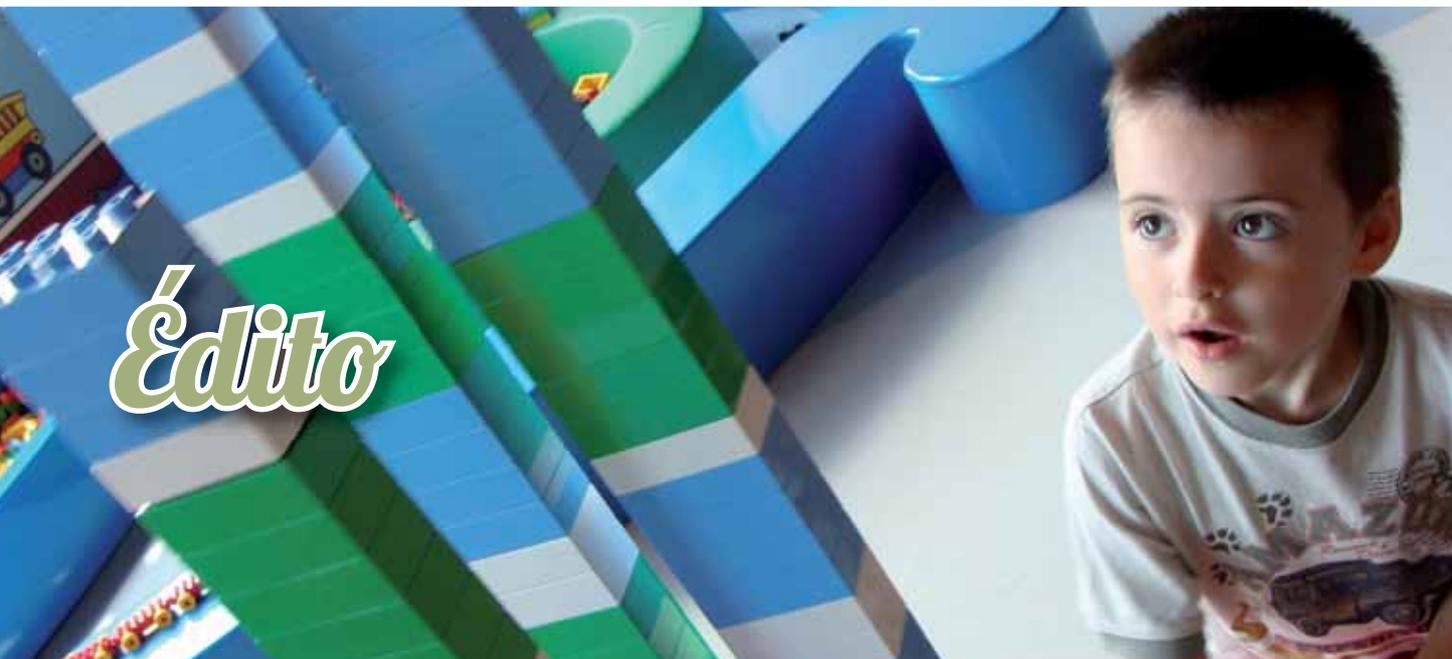
*Éthologie*

**Nemo** parle-t-il vraiment ?

*Chimie*

**Il y a plein**  
de place en bas





# Édito

## Plus tard, je serai...

Texte: **Géraldine TRAN** - Rédac'teuf

**M**édecin, avocat, chanteuse, pompier, astronaute, vétérinaire seront sans doute les réponses de la plupart des enfants lorsque vous leur demanderez ce qu'ils veulent faire plus tard. Et pourquoi pas ingénieur ? Oui, mais un ingénieur, c'est quoi ? Ça fait quoi ? Ça travaille où ? Ça gagne combien ? Pas si évident de répondre à ces questions. Mystère résolu sur le site [www.ingenieursbelges.be](http://www.ingenieursbelges.be), une plate-forme dynamique et interactive qui regroupe 5 fédérations d'ingénieurs et d'entreprises technologiques (*fabi*, *UFIB*, *CCW*, *Agoria* et *essenscia*) ainsi que quelques partenaires privés pour promouvoir, d'une seule et forte voix, le métier d'ingénieur qui fait l'objet, depuis quelques années, d'une pénurie inquiétante estimée entre 2 000 et 3 000. Il en sort en moyenne 1 200 en Fédération Wallonie-Bruxelles contre 1 700 il y a 15 ans alors que les besoins, qualitativement et quantitativement, n'ont pas changé. Bien au contraire. Les ingénieurs ont dans leurs mains et leur cerveau les clés du développement technique, technologique et économique de notre société (énergie, environnement, mobilité, santé,...). Un ingénieur, ça décortique, ça analyse, ça fait preuve de créativité, ça utilise toutes sortes de compétences et connaissances; un ingénieur, ça résout les problèmes.

Idyllique le métier d'ingénieur ? Pas tout à fait: il pâtit de l'image d'une industrie en déclin et les études sont réputées ardues. Mais une fois le diplôme en poche, c'est un métier qui, selon l'enquête de satisfaction réalisée par la *fabi*, engendre beaucoup de satisfaction (89% autant dans le secteur privé que public). Avec des salaires 20% supérieurs à ceux des employés (60% en fin de carrière). Des débouchés multiples et donc, de belles perspectives d'évolution. Le profil *a priori* (j'insiste car une «situation» en secondaire ne veut encore rien dire une fois en supérieur) ? Une affinité avec les sciences et les maths, une curiosité malade, une envie irrésistible de décortiquer, une volonté de chercher des solutions aux problèmes et de relever des défis. Un métier d'avenir ? Sans aucun doute et les offres disponibles sur le marché de l'emploi sont là pour le prouver ! (Infos: [www.ingenieursbelges.be](http://www.ingenieursbelges.be) et [www.leforem.be](http://www.leforem.be)). Bonne lecture de ce nouveau numéro d'*Athena* et joyeuses fêtes de fin d'année ! ■

*Géraldine*

### IB AWARDS Le palmarès

#### IB Best company:

- Catégorie GE: Carrières du Hainaut
- Catégorie PME: Deltatec
- Catégorie entreprise publique: STIB

#### IB Best enseignement secondaire:

- Collège Notre-Dame de Basse-Wavre

ATHENA 286 • Décembre 2012

SPW | Éditions

Tirée à 16 500 exemplaires, Athena est une revue de vulgarisation scientifique du Service Public de Wallonie éditée par le Département du Développement technologique de la Direction générale opérationnelle Économie, Emploi et Recherche (DGO6).

Place de la Wallonie 1, Bât. III - 5100 JAMBES

N° Vert du SPW: 0800 11 901 • [www.wallonie.be](http://www.wallonie.be)

Elle est consultable en ligne sur <http://athena.wallonie.be>

Abonnement (gratuit)

Vous souhaitez vous inscrire ou obtenir gratuitement plusieurs exemplaires, contactez-nous !

• par courrier

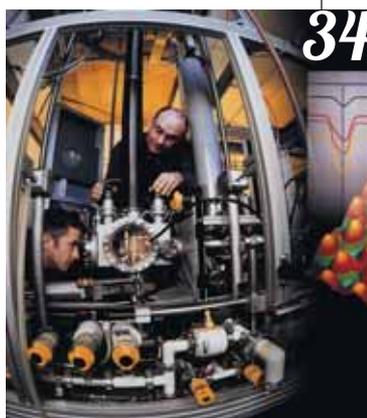
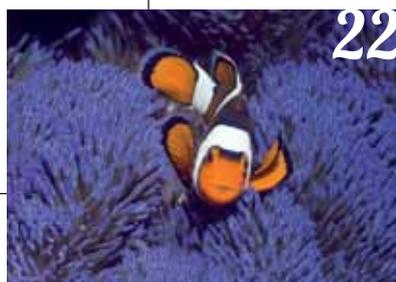
Place de la Wallonie 1, Bât.III - 5100 JAMBES

• par téléphone

au 081/33.44.76

• par courriel à l'adresse

[geraldine.tran@spw.wallonie.be](mailto:geraldine.tran@spw.wallonie.be)



# Sommaire

<b>Actualités</b>	04
<b>Focus</b> sur <b>Comet traitements</b>	10
<b>Le Dossier</b> <b>Le blé:</b> du grain à moudre pour les allergologues	12
<b>L'ADN de ...</b> Olivier KUMMER • Parfumeur	16
<b>Internet</b> <b>Enseigner</b> avec les TICE – 3 <sup>e</sup> partie	18
<b>Éthologie</b> <b>Nemo</b> parle-t-il vraiment ?	22
<b>Biologie</b>	26
<b>Médecine</b> <b>Cancer,</b> le double-jeu de l'oxygène	30
<b>Chimie</b> <b>Il y a plein</b> de place en bas	34
<b>Physique</b>	38
<b>Astronomie</b>	40
<b>Espace</b>	42
<b>À lire...</b> avec nos enfants	46
<b>Agenda</b>	50

Éditeur responsable  
Michel CHARLIER,  
Inspecteur général  
Ligne directe: 081/33.45.01  
[michel.charlier@spw.wallonie.be](mailto:michel.charlier@spw.wallonie.be)

Rédactrice en chef  
Géraldine TRAN  
Ligne directe: 081/33.44.76  
[geraldine.tran@spw.wallonie.be](mailto:geraldine.tran@spw.wallonie.be)

Graphiste  
Nathalie BODART  
Ligne directe: 081/33.44.91  
[nathalie.bodart@spw.wallonie.be](mailto:nathalie.bodart@spw.wallonie.be)

Impression  
Imprimerie Bietlot  
Rue du Rond-point, 185 à 6060 Gilly  
ISSN 0772 - 4683

Collaborateurs  
Valérie Burguière  
Lucie Cauwe  
Jacqueline Danhaive  
Jean-Michel Debry  
Paul Devuyt  
Henri Dupuis  
Philippe Lambert  
Yaël Nazé

Théo Pirard  
Jean-Claude Quintart  
Jacqueline Remits  
Christian Vanden Berghen

Dessinateurs  
Olivier Saive  
Vince

Comité de rédaction  
Laurent Antoine  
Michel Charlier

Couverture  
*Première*  
Crédit: Reporters / SPL

*Quatrième*  
Crédit: ESO

# À nos amies les bêtes !

Texte: Jean-Claude QUINTART • [jc.quintart@skynet.be](mailto:jc.quintart@skynet.be)

Photos: PFIZER/vaccins

4

**B**ête de somme hier, l'animal a gagné aujourd'hui ses lettres de noblesse. Désormais bien-être et santé font partie de son périmètre de vie. Au terme d'un investissement de 22 millions d'euros, Pfizer Animal Health a inauguré, il y a quelques semaines, à Louvain-la-Neuve, un nouveau centre de recherche et développement pour vaccins contre les maladies infectieuses émergentes. «*L'émergence des maladies infectieuses, comme la maladie de la langue bleue qui a touché dernièrement le bétail, menace la santé animale et la subsistance des agriculteurs*», prévient Catherine Knupp, vice-présidente R&D en médecine vétérinaire chez Pfizer Animal Health. Et de passer aux actes en renforçant les capacités néo-louvanistes de son entreprise afin de mieux soutenir la communauté vétérinaire avec des vaccins efficaces et de qualité supérieure en réponse aux maladies infectieuses émergentes.

«*À Louvain-la-Neuve, nous sommes à la pointe du progrès en recherche et développement et production de larges quantités de vaccins en cas de pandémie d'une maladie émergente et ceci avec les plus hauts standards de sécurité biologique*

*lors de la manipulation d'agents biologiques vivants*», note Christian Borgniet, directeur du site de Louvain-la-Neuve. Une unité où se côtoient chimistes, biologistes, ingénieurs, pharmaciens et laborantins pour former un aréopage de savoirs garant des meilleurs développements par une recherche optimisée. À cette équipe pluridisciplinaire s'ajoutent encore des collaborations avec le monde universitaire et de grandes institutions publiques. Un continuum inauguré en 2008 avec l'ouverture d'une première usine pilote de 360 m<sup>2</sup> pour aboutir aujourd'hui à un ensemble de 1 647 m<sup>2</sup>, rassemblant des opérations de développement de nouveaux produits et processus de remplissage et de lyophilisation des vaccins; une unité de recherche et développement de médicaments et vaccins contre les maladies infectieuses émergentes; et un laboratoire ciblé sur les méthodes d'analyse de vaccins.

Première entreprise biopharmaceutique mondiale, avec un

chiffre d'affaires 2011 de 68 milliards de dollars, une présence dans 150 pays, sur 89 sites de production, avec plus de 100 000 salariés, et 12 produits générant chacun plus d'un milliard de dollars et 40 autres au chiffre dépassant chacun plus de 100 millions de dollars, Pfizer a été fondé en 1849, à Brooklyn (New York), par le chimiste Allemand Charles Pfizer associé à son cousin, le confiseur Charles Erhart. ■

<https://www.pfizer-vet.be>;  
<http://www.pfizer.be>  
et <http://www.pfizer.com>



# Actus...

## d'ici et d'ailleurs

Texte: Jean-Claude QUINTART • [jc.quintart@skynet.be](mailto:jc.quintart@skynet.be)

Photos: AGC-glass europe (p.5), ULB (p.6)

### The biggest in the world...

**E**t il est en Wallonie ! Nous parlons ici du plus grand centre de recyclage de charbon actif au monde. Celui de *Chemviron Carbon* à Feluy, dont les dernières extensions portent à 40 000 tonnes par an les capacités de production. Un investissement de 35 millions d'euros, soutenu par la Wallonie à hauteur de 8% et qui a de quoi ravir les écologistes. En effet, le charbon réactif a le mérite d'absorber un nombre inégalé de polluants et d'éviter aussi les émissions de CO<sub>2</sub> inhérentes au charbon actif vierge. «Avec Feluy, nous évitons quelque 200 000 tonnes de CO<sub>2</sub> par an», annonce fièrement Reinier Keijzer, vice-président de *Chemviron Carbon*.

Un produit miracle obtenu au départ de matières carbonées d'origine végétale après traitement thermique; l'exemple le plus connu de charbon actif étant la mine de crayon. À Feluy, sa fabrication fait appel à la technologie la plus moderne. Pour ôter les polluants, le charbon est chauffé à plus de 700 °C dans un four multi-étages. Ensuite, les molécules toxiques sont transformées en gaz puis craquées. Les sels secs qui résultent de l'opération sont détruits par un partenaire spécialisé. Le charbon

actif produit est indéfiniment recyclable, si l'on excepte une perte de 10% de matière lors de la procédure. Très absorbant, le charbon actif, sous forme de poudre ou de grains, occupe aujourd'hui une fonction essentielle dans l'industrie où il purifie l'air et l'eau. Pour la petite histoire, rappelons que l'absorption sur charbons poreux a été décrite en 1 550 avant Jésus-Christ sur un papyrus égyptien et décrite plus tard par Hippocrate et Plin l'Ancien ! Aujourd'hui, sa porosité est mise à profit pour le traitement de l'eau, de l'eau potable, des eaux résiduaires, l'agroalimentaire, l'industrie, le médical et dans des niches comme l'aquaculture, les piscines et même les filtres à cigarettes ! Au total, on compte quelque 150 variétés de charbon actif ! *Chemviron Carbon* est une filiale du groupe américain *Calgon Carbon Corporation* (CCC), fondé en 1942 à Pittsburgh comme *Pittsburgh Coke & Chemical Company* et pionnier à l'époque du carbone activé à l'aide charbons bitumineux pour remplacer la noix de coco alors utilisée pour produire le charbon actif granulaire des masques à gaz militaires. ■

<http://www.chemvironcarbon.com>  
et <http://www.calgoncarbon.com>



### Vous avez dit buée ?

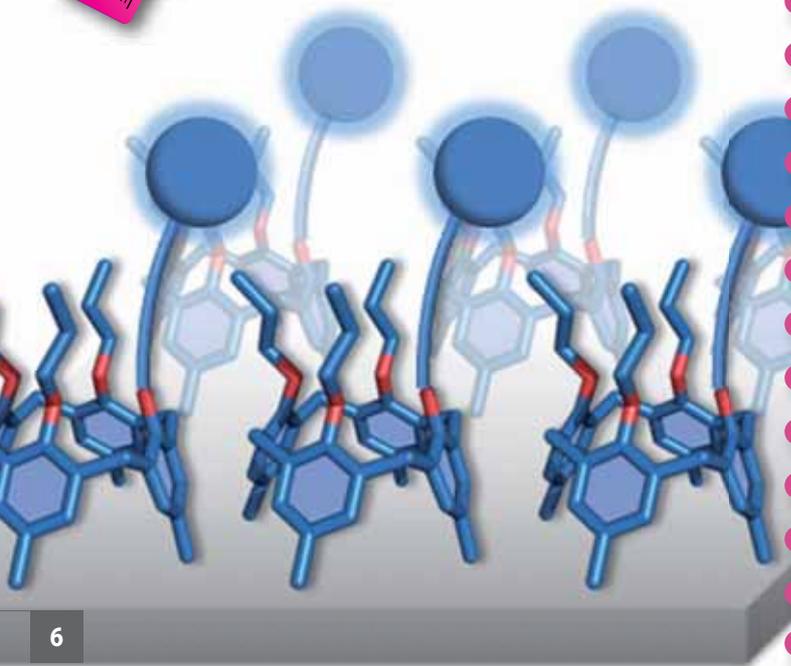
**Q**uelle buée ? Oui en effet quelle buée, car grâce à ses travaux de recherche et développement, *AGC Glass Europe* propose une gamme de nouveaux vitrages aux propriétés anti-condensation: *Thermobel Anti-Fog*. Pour ce miracle, *AGC Glass Europe* applique sur un flot clair, une couche pyrolytique (couche à base d'oxydes métalliques) transparente. Positionnée sur la face externe du verre, cette couche maintient la température du vitrage plus élevée, retardant, voire empêchant même dans certaines conditions, la formation de condensation.

Un pas de plus dans le confort à un moment où l'isolation thermique toujours plus performante de nos bâtisses entraîne la formation de buée sur la vitre extérieure, notamment au lever du jour, lorsque les températures extérieures sont fraîches et le taux d'humidité élevé. Actuellement la gamme Anti-Fog se décline en deux produits: *Thermobel AF (GfasT)*, vitrage à couche pyrolytique aux propriétés anti-condensation; et *Thermobel AF Top N+*, vitrage à double couche, combinant les fonctions anti-condensation et isolation thermique. Ces derniers progrès sont à mettre à l'actif du centre de recherche d'*AGC Glass Europe* de Charleroi dont le futur bâtiment est en cours de construction sur l'Aéropôle. ■

<http://www.agc-glass.eu>



# Surfaces accrocheuses



Les professeurs Alice Mattiuzzi et Ivan Jabin de l'Université libre de Bruxelles (ULB), en coopération avec des collègues français, ont concocté un procédé innovant et général de modification de surfaces consistant à greffer des molécules particulières appelées calixarènes. En fait, ils ont démontré qu'une monocouche dense de calixarènes déposée sur la surface de ces molécules, une fois immobilisées, peuvent accrocher de manière contrôlée des objets moléculaires pour une application donnée.

«La fonctionnalité de surfaces par des entités organiques ou inorganiques couvre un vaste champ d'applications comme l'optique, l'électronique, les biocapteurs, le traitement de surface, etc. Remarquablement, la stratégie mise au point permet désormais de greffer sur des surfaces des couches robustes, organisées au niveau de la molécule et post-fonctionnelles. Ces travaux ouvrent aussi de nombreuses perspectives dans l'obtention de surfaces stables, robustes et aux propriétés inédites», explique l'équipe de recherche. Au cœur d'un projet First Spin-off, dénommé MONOCAL, ce travail, publié dans *Nature Communications*, a fait l'objet d'un brevet et a été financé par la Wallonie. ■

[amattiuz@ulb.ac.be](mailto:amattiuz@ulb.ac.be) et [ijabin@ulb.ac.be](mailto:ijabin@ulb.ac.be)

6

## Inattendu et prometteur

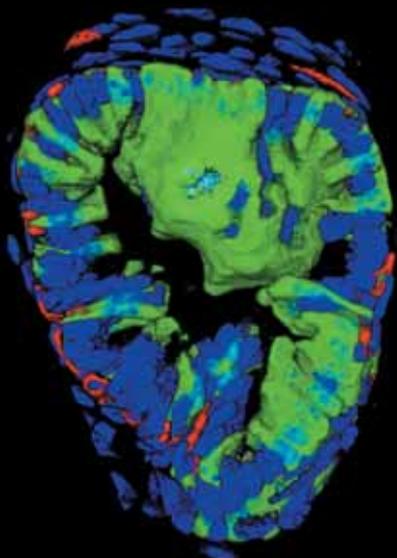
Si elles font la Une depuis quelques années, l'une de leurs questions clés porte sur l'identification de celles responsables de la morphogénèse et de la régénération des différents tissus. Un pas de plus vient d'être fait grâce au professeur Cédric Blanpain

de l'Université libre de Bruxelles (ULB) qui, avec son équipe, a identifié de nouvelles catégories de cellules souches de la prostate, assurant son développement postnatal. Si tout le monde connaît cette glande sécrétoire, on connaît moins son rôle dans la production du liquide séminal qui apporte les nutriments, ions et enzymes utiles à la survie des spermatozoïdes lors de leur migration dans les voies du système reproductif féminin. Trois lignées de cellules composent ainsi la prostate adulte: les cellules basales, lumbales et neuroendocrines.

Souhaitant caractériser la hiérarchie cellulaire de la prostate lors de son développement et en conditions physiologiques, les chercheurs, conduits ici par le docteur Marielle Ousset, ont marqué, par traçage cellulaire, les différents types de cellules et suivi leur destinée dans le temps. Ce qui leur a permis de noter que des cellules souches multipotentes (qui peuvent reproduire plusieurs types de tissus) et unipotentes (qui ne peuvent reproduire qu'un seul type de tissu)

contribuent au développement de la prostate après la naissance. Une découverte inattendue avoue l'équipe, surprise par le fait que des cellules multipotentes assuraient l'expansion épithéliale en donnant naissance à des progéniteurs unipotents et aux cellules neuroendocrines. «Les résultats contrastent avec les observations que nous avons faites dans la glande mammaire qui se développe grâce aux populations de cellules souches unipotentes», explique Marielle Ousset. «Ces découvertes établissent un nouveau paradigme sur le mode de développement des épithélia glandulaires. Elles seront extrêmement importantes pour celles et ceux qui étudient le développement, les cellules souches et la prostate. Elles ouvrent enfin de nouvelles voies pour étudier les cellules à l'origine des cancers de la prostate, une question importante mais pas encore entièrement résolue», ajoute Cédric Blanpain. Cette étude a été publiée dans l'édition en ligne de *Nature Cell Biology*. ■

<http://blanpainlab.ulb.ac.be/index.htm>





## C'est vert !

**30** années de recherche remises en question ! Et par un Wallon ! Tel est le tour de force que vient de réaliser Alexandre Zénon, chercheur à l'Institut de Neurosciences de l'Université catholique de Louvain (UCL) en révélant le rôle clé du tronc cérébral dans l'attention visuelle, un travail fait au *Salk Institute* de San Diego en collaboration avec un collègue américain. Nous évoluons dans un environnement complexe où, pour survivre, notre cerveau phosphore en priorité sur les éléments les plus pertinents, ignorant ainsi ceux qui peuvent le distraire. Appelée attention, cette sélection visuelle fait, par exemple, qu'un automobiliste arrêté à un feu rouge se concentre sur le passage au vert, laissant de côté les autres feux alentours. *«Si on pensait que l'attention modulait l'activité des neurones sis au cœur des aires visuelles du cortex cérébral et admettait que s'opérait ici la sélection des stimuli pertinents, les résultats de notre travail montrent que d'autres mécanismes cérébraux jouent un rôle majeur dans l'attention»*, explique le néo-louvaniste.

Pour en arriver là, Alexandre Zénon provoqua des perturbations de l'attention chez des sujets rendus incapables de sélectionner l'information pertinente en inactivant, par une substance chimique, une structure du tronc cérébral: le Colliculus Supérieur. Parallèlement, il mesura les effets de cette inactivation sur le travail des neurones des aires visuelles du cortex cérébral, là où se produisent les modulations attentionnelles. C'est alors que, pensant voir une altération des modulations attentionnelles simultanément à l'altération du comportement, il releva que le cortex visuel continuait à fonctionner normalement tandis que les capacités attentionnelles étaient sévèrement altérées ! *«De quoi démontrer qu'indépendamment des modulations de l'activité corticale induites par l'attention, d'autres mécanismes, reposant sur des circuits du tronc cérébral impliquant le Colliculus Supérieur, ont un rôle crucial dans la sélection visuelle»*, note Alexandre Zénon.

<http://www.uclouvain.be/ineus.html>  
et <http://www.salk.edu>



## Et de trois !

**U**CB annonce le démarrage d'un troisième projet de recherche avec la prestigieuse Université de Harvard, confortant l'alliance de recherche innovante passée entre les deux parties en 2011. Cette fois, les deux compères se pencheront sur le microbiome humain de l'intestin, typant de nouvelles espèces pour étudier leur impact sur le système immunitaire en vue de mitonner des médicaments tout neufs pour éviter ou traiter les maladies immunologiques. Pour cette aventure, UCB investira quelque 4,5 millions d'euros sur trois ans.

Le microbiome est la somme des microbes présents dans un environnement particulier, y compris leurs éléments génétiques et leurs interactions environnementales. Ainsi, l'intestin d'une personne adulte contient quelque 100 000 milliards de bactéries qui impactent le bien-être de leur hôte et exercent une grande influence sur son système immunitaire. Avec leurs travaux sur le microbiome humain, les chercheurs de Harvard comptent découvrir de nouvelles molécules immunomodulatrices porteuses d'applications thérapeutiques potentielles. Interdisciplinaire, le projet fait appel aux dernières connaissances acquises en technologie du séquençage de la génération suivante, dans le profilage d'expression de génome entier et cytométrie de flux polychromatique.

*«Nous espérons faire évoluer le paradigme du développement de médicaments destinés au traitement des maladies immunitaires par l'exploitation des molécules présentes à l'état naturel et dont le potentiel de transformation permet d'entraver ou de contrôler le système immunitaire. Découvrir de telles molécules serait une avancée formidable dans l'étude de la fonction immunitaire ainsi que des applications thérapeutiques et du traitement préventif»*, expliquent avec confiance les chercheurs de Harvard. *«Notre collaboration avec UCB illustre la parfaite manière dont le monde universitaire peut travailler avec l'industrie pour booster la médecine et servir l'intérêt public»*, ajoute Isaac T. Kohlberg, responsable principal du développement technologique de l'Université de Harvard. Tandis qu'Ismaïl Kola, président d'UCB NewMedecines souligne que *«le microbiome est l'un des domaines les plus excitants de la science moderne»*. Ce partenariat avec Harvard profitera aux patients en permettant à UCB de rencontrer des besoins immunologiques encore non satisfaits. ■

<http://www.ucb.com> et <http://www.harvard.edu>

# 1, 2, 3

## Une, deux...

**T**rois ! Après Sanofi-Pasteur en juin 2009 et GSK en septembre 2010, c'est à MSD, une filiale de Merck & Co, que le wallon Delphi Genetics vient d'accorder une licence d'exploitation de sa technologie StabyExpress™, applicable à tout procédé de fabrication industrielle de protéines mettant en œuvre la fermentation bactérienne pour donner un rendement élevé et une expression économique de protéines sans recours aux antibiotiques.

«Cet accord est le premier à couvrir l'utilisation potentielle de notre technologie StabyExpress™ pour des produits à base de protéines en santé humaine et animale», explique Cédric Szpirer, administrateur-délégué et fondateur de Delphi Genetics. Créée en 2001, la société conçoit des technologies et produits plus performants à l'intention de l'ingénierie génétique et l'expression de protéines en bactéries via un savoir-faire unique dans le domaine des systèmes de stabilisation de plasmides. Avec des partenaires universitaires et Biotech, la société a annoncé, en janvier dernier, son adhésion à un projet de recherche dans le développement de vaccins ADN exploitant sa technologie. Enfin, Delphi Genetics a encore en tuyaux de nombreuses recherches d'adaptation de StabyExpress™ aux cellules de mammifères et à la levure. ■

<http://www.delphigenetics.com>

Coup d'crayon

Illustration: Vince - vince@cartoonbase.com



Au 4<sup>e</sup> mois de grossesse, les foetus bâillent jusqu'à 2 fois par heure dans le ventre de leur maman. Mais contrairement aux adultes, n'y voyez pas un signe de fatigue ou d'ennui, c'est plutôt un moyen de développer leur cerveau. Le bâillement lui-même, pourrait cibler différentes parties du cerveau à développer. On peut peut-être juste y voir une mesure du bon développement du bébé.



**P**rofesseur au PRECISE Research Center for Information System Engineering de la Faculté d'informatique de l'Université de Namur, Jean-Luc Hainaut s'est vu décerné un ER Fellows Award à la Conférence ER2012. Ainsi couronné, il rejoint la dizaine d'amis de l'aréopage très fermé des ER Fellows qui se distinguent par la perspicacité de leur intuition. Intuition qui mit la modélisation au centre de la conception logicielle et dont la justesse fait que nous parlons maintenant d'ingénierie des modèles.

<http://www.conceptualmodeling.org>



**C**réé en 1995, le Prix Georges Lemaître 2012 a été attribué au professeur Michel Heller du Vatican Observatory Pontifical Academy of Sciences, Copernicus for Interdisciplinary Studies pour ses travaux en cosmologie physique. Michel Heller fut l'un des tout premiers à avoir découvert, classé, étudié et publié des manuscrits importants et inédits de Georges Lemaître contribuant, avec l'Université catholique de Louvain (UCL), à la propagation de l'œuvre scientifique du cosmologiste louvaniste en Europe et dans le monde anglo-saxon.

<http://vaticanobservatory.org>

## ►► FORMATION...

**E**ssencia l'affirme, nous connaissons une hausse significative des inscriptions de bacheliers en chimie et biotech (+5,6%). «Sur les 10 dernières années, la chimie et les sciences de la vie ont créé près de 3 000 emplois, soit une augmentation de plus de 11%», clame fièrement Bernard Broze, administrateur délégué d'essencia wallonie. Succès mais aussi interrogation ! «Avec le départ à la retraite des papy-boomers, plus de 4 000 postes vont se libérer au cours des 10 prochaines années, aussi est-il primordial de garder un niveau d'inscription élevé dans les études scientifiques et techniques», prévient Bernard Broze.

À ce sujet, *essencia* se félicite du succès enregistré par le master en alternance de génie analytique organisé par la Haute École Louvain en Hainaut (HELHA) en collaboration avec BioWin et le soutien du Fonds social européen et de la Wallonie. Depuis son lancement en 2011, le nombre d'étudiants a plus que quintuplé ! Il faut dire que la formule est séduisante et motivante. En effet, à l'issue de son cursus, le bachelier technique peut, avec elle, poursuivre en haute école des études en alternance de niveau master, sans année de transition, et acquérir en 2 ans les compétences techniques et pratiques par sa présence en entreprise. ■

<http://www.essencia.be> et <http://www.helha.be>

## ►► INFRASTRUCTURE...

Ils flirtaient depuis des années, maintenant, ils vont plus loin en créant un centre de recherche universitaire et clinique mixte dénommé *UNHAP Medical research Center*, fruit d'un partenariat entre le CHU Ambroise Paré et l'Université de Mons (UMONS). Les objectifs du nouveau centre porte sur le développement conjoint de projets; la réalisation conjointe d'études scientifiques et cliniques; la mise en commun d'équipements, de matériel et données; l'accueil d'étudiants et chercheurs; l'organisation à Mons de sessions de formation; et la prestation commune de services scientifiques pour tiers.

«Cet accord oblige notre institution à toujours viser l'excellence», note Nicolas Martin, président du conseil d'administration d'Ambroise Paré. De son côté, «L'UMONS espère étendre ses domaines de recherche en santé humaine par la possibilité d'accéder à la recherche clinique et de donner un aspect plus concret aux découvertes réalisées en laboratoire», estime le professeur

Jean-Pierre Colet. Qui a profité de l'occasion pour présenter le *Medical Profiling Unit* qui développera des tests cliniques pour un diagnostic et un suivi sur des traitements sur mesure des patients atteints de diverses maladies dont le cancer.

Construit entre 1869 et 1875, comme Hôpital civil puis Hôpital Saint-Georges, l'institution deviendra, en 1998, Hôpital Ambroise Paré en rappel du passage à Mons du célèbre toubib français qui, en 1569, sauva la vie de Charles Philippe de Croÿ qui se mourrait en son château de Havré des suites d'une blessure provoquée par un tir d'arquebuse qui lui avait éclaté le fémur. Anatomiste, chirurgien des champs de bataille, chirurgien du roi et père de la chirurgie moderne, on doit à Ambroise Paré bien des progrès et notamment la ligature des artères en substitution de la cautérisation lors des amputations. ■

<http://hap.be>  
et <http://www.umons.ac.be>

## Le chiffre

# 23

Dans cette ambiance de Noël, les tablettes seront sans doute dans le palmarès des cadeaux. Presqu'un quart des familles belges (23%) en possède déjà une. Et si l'*iPad* reste très populaire (39%), la *Samsung* s'impose doucement mais sûrement (23%).

La 1<sup>e</sup> enquête *IAB-Dashboards*, conduite par le bureau d'enquête *Nielsen* auprès de plus de 1 000 consommateurs belges, a parlé: environ 15% des foyers francophones disposent d'une tablette tandis que le chiffre est de 27% du côté néerlandophone. Les utilisateurs de tablettes consacrent 34 minutes par jour en moyenne à l'Internet mobile.

Si les smartphones sont généralement utilisés par une seule personne, les tablettes sont souvent partagées par les membres de la famille. Le salon (90%) et la cuisine (50%) semblent être les deux pièces privilégiées pour surfer au départ d'une tablette. 4 utilisateurs sur 10 emportent même leur tablette au lit !



UNE AIDE, UNE SUCCESS STORY !

# FOCUS

## sur: *Comet* traitements

### Carte d'identité

NOM

COMET TRAITEMENTS

ANNÉE DE CRÉATION

2002

SECTEUR D'ACTIVITÉ

recyclage de résidus de broyage  
de déchets métalliques

CHIFFRE D'AFFAIRES

5 millions d'euros

NOMBRE DE PERSONNES EMPLOYÉES

60 dont 6 chercheurs

ADRESSE

Rivage de Boubier, 25  
à 6200 Châtelet

TÉLÉPHONE

071/24 41 75

SITE INTERNET

www.cometraitements.be

10

Texte: Jacqueline REMITS • [jacqueline.remits@skynet.be](mailto:jacqueline.remits@skynet.be)

Photos: Comet Traitements

**S**aviez-vous que des milliards de bactéries avaient pour «mission» de recycler des métaux issus de résidus de broyage? Elles portent les noms rares de «*Thiobacillus ferrooxidans*» et «*Leptospirillum ferrooxidans*». Le plus étonnant est sans doute que, depuis trois ans, ces micro savantes soutiennent la recherche en Wallonie, en particulier, celles relatives au recyclage des métaux. On le sait, les activités de recyclage de produits en fin de vie constitue l'un des maillons forts d'une gestion responsable de nos ressources naturelles non renouvelables. «Valoriser au maximum les résidus de broyage permet de réduire la mise

en décharge et de mettre sur le marché des matières premières recyclées, confirme Pierre-François Bareel, responsable R&D chez Comet Traitements. De plus, ces activités génèrent elles-mêmes des résidus. En Europe, les 270 unités de recyclage de véhicules hors d'usage, de déchets d'équipements électriques et électroniques et de ferrailles de collectes génèrent, chaque année, près de 10 millions de tonnes de résidus de broyage.» Or, pour l'Union européenne, les véhicules hors d'usage devront être valorisés à 95% d'ici 2015.

Depuis une dizaine d'années, la société Comet Traitements s'est spécialisée dans le recyclage de résidus de broyage de déchets métalliques. Dans ce contexte, elle a mis en place, avec des partenaires scientifiques wallons, 6 nouvelles unités de production sur ses sites de Châtelet et d'Obourg. Depuis sa création, Comet

Traitements a déjà traité 1,5 million de tonnes de résidus de broyage. Les différentes matières valorisées sont, entre autres, des métaux ferreux, non-ferreux, des matières plastiques, minérales et des oxydes de fer. «Plus particulièrement, nous sommes spécialisés dans les fractions fines, reprend Pierre-François Bareel. Nous recherchons des métaux non-ferreux, d'une granulométrie pouvant aller jusqu'à 50 microns. Cette poussière métallique contient différentes sortes de métaux: cuivre, zinc, plomb, étain, argent, or. On retrouve également en traces des métaux précieux comme le platine, le palladium et des éléments de terre rares. L'ensemble des filières permet d'atteindre un taux de valorisation supérieur à 93%, loin au-dessus de la moyenne européenne de 84%. Avec l'ensemble de nos projets de recherche, nous souhaitons dépasser les 96% en 2015.»

## Bactéries gloutonnes

En moins de trois ans de recherche, avec le *Laboratoire GeMMe (Génie Minéral et Recyclage)* de l'Université de Liège, *Comet Traitements* a développé un nouveau procédé permettant une valorisation optimale des métaux obtenus dans ce type de concentrés poly-métalliques d'un genre nouveau. «*L'originalité du procédé vient de ce qu'il repose sur l'utilisation de consortiums de bactéries présentes dans des milieux naturels et adaptées à un environnement industriel, détaille Pierre-François Bareel. Leur présence permet de minimiser les réactifs nécessaires pour la séparation efficace des différents métaux. La technique, appelée la biolixiviation, consiste à dissoudre les métaux par des ajouts de bactéries dont nous avons une lignée. Ainsi, un tiers du cuivre est extrait des technologies assistées par des bactéries. Avec la collaboration de l'ULg, nous avons adapté ces bactéries à nos produits afin de sortir sélectivement le cuivre, le zinc et des concentrés de plomb enrichis en étain et en métaux précieux.*»

## Une opportunité de technologie

La Région wallonne a accompagné *Comet Traitements* tout au long de ce

projet appelé *Biolix*. «*Ce subsidé-ci nous a permis de réaliser une étude de faisabilité technique*», confirme le responsable R&D. La vocation d'une étude de faisabilité est de mettre en évidence une opportunité de technologie, ou non. Pendant un an et demi, l'ULg a tenté de démontrer que cette technologie à basse température et de faible consommation pouvait être intéressante, notamment d'un point de vue environnemental. «*Comme les résultats étaient bons, nous avons intégré ce projet dans le Pôle Meca-Tech du Plan Marshall pour en valider la technologie.*» Les résultats de nombreux tests ont conduit à la construction d'une unité pilote au sein de l'ULg capable de traiter en continu 4 kilos de matière par jour. Les performances, supérieures à 97%, ont ensuite permis de présenter *Biolix* à l'appel à projets européen *Eco-Innovation*. Les fonds récoltés devraient permettre la construction de la première unité industrielle capable de traiter 4 000 tonnes de métaux par an au début de 2014. Cette unité nécessitera un investissement de 2,5 millions d'euros et devrait générer la création de 5 emplois. «*Au départ, Biolix n'était pas stratégique pour nous, car il n'améliorerait pas le taux de valorisation de nos déchets. Si nous n'avions pas reçu de subsides wallons, nous aurions certainement dû faire des choix*», conclut Pierre-François Bareel. Cerise sur le gâteau, le projet a permis à *Comet Traitements* de recevoir le Prix Zénobe 2011 de l'innovation technologique. ■

## Étude

## de faisabilité technique

## en résumé :

### Type de promoteur:

Petite, moyenne ou grande entreprise ou entreprise non autonome de taille restreinte dont le siège d'exploitation se situe en Wallonie.

### Partenariat:

Non autorisé.

### Objet:

Subvention pour l'étude de faisabilité technique préalablement au développement d'un produit ou d'un service nouveau.

### Taux d'intervention:

L'intervention maximale de l'aide varie entre 40 et 75% des dépenses admissibles en fonction du type d'entreprise et des caractéristiques du projet.

### Dépenses éligibles:

Coûts des services du ou des prestataires extérieurs qui réalisent l'étude dans la mesure où ces coûts n'excèdent pas les prix du marché.

### Propriété des résultats:

Vous décidez ou non d'exploiter les résultats des travaux d'étude. Ils restent votre propriété et vous en disposez totalement dans le respect de la convention.

### Délais:

Avis positif ou négatif au maximum dans les 3 mois qui suivent la réception de votre dossier complet.



### Plus d'infos:



Département du développement technologique

Direction des Projets de Recherche

Tél.: 081/33.45.62

[raymond.montfort@spw.wallonie.be](mailto:raymond.montfort@spw.wallonie.be)

<http://recherche-technologie.wallonie.be/go/sbv>

# Le blé: du grain à moudre pour les allergologues

*Les céréales constituent la base de l'alimentation humaine de par le monde. L'une des plus consommées, le blé, entre en cause dans des cas d'allergies aux présentations très polymorphes, parfois peu classiques*

12

Texte: **Valérie BURGUIÈRE** • [valerie.burguiere@dbmail.com](mailto:valerie.burguiere@dbmail.com)

Photos: **Bern@t/Flickr** (p.12), **Pip Studio** (p.15)

**L**es allergies au blé peuvent prendre des formes très variées, réalisant des tableaux cliniques comparables aux autres allergies, qu'elles soient d'expression respiratoire, cutanée ou digestive, avec toutefois quelques particularités (voir *Athena* n° 284). D'autres modes de présentation sont cependant beaucoup moins classiques, ce qui n'en facilite d'ailleurs pas le diagnostic.

## Allergique à l'effort !

Dans une circonstance très particulière, l'allergie alimentaire au blé se manifeste de façon aiguë, parfois anaphylactique, au cours ou immédiatement après

un exercice physique (1), (2), (3), (4). L'allergie à l'effort est liée à l'ingestion d'un produit farineux (pâtes, biscuits, pain, pâtisseries ...) dans les heures précédant l'activité sportive. Sa forme grave est décrite sous le terme d'anaphylaxie alimentaire induite par l'effort (nous simplifierons ici cette appellation en «allergie à l'effort»). En réalité, le patient est déjà sensibilisé au blé, ce qu'atteste la détection d'anticorps IgE dans son sérum, mais l'ingestion isolée de farine ne déclenche pas de réaction allergique. La consommation du blé doit nécessairement être associée à un effort physique, généralement intense et/ou prolongé. Il faudra en moyenne 10 à 50 minutes après que la personne ait démarré son activité pour qu'apparaissent les premiers signes cliniques. Notre sportif entré en action commence à ressentir des démangeaisons au niveau des extrémités, qui se transforment assez

rapidement en urticaire généralisée, et il peut être victime d'un œdème laryngé. Il peut aussi faire une crise d'asthme ou éprouver des troubles digestifs (surtout des diarrhées); rarement survient un choc anaphylactique, d'intensité variable. Ces cas peu banals sont décrits chez l'adolescent et l'adulte jeune.

L'allergie à l'effort est une circonstance clinique qui oblige l'allergologue à réaliser une enquête poussée auprès du patient assortie d'explorations spécifiques. Il fera notamment préciser les circonstances d'apparition au cours ou immédiatement après un effort ET en période post-prandiale. Il conviendra en effet de distinguer l'allergie à l'effort de l'aggravation d'une allergie alimentaire préexistante par un effort, qui peut également se manifester en l'absence de toute activité. Les prick-tests élimineront d'autres causes d'allergies à l'effort,

notamment une allergie aux crustacés, aux œufs, au lait de vache ou encore à l'arachide. En pratique, lorsque cela est possible, il est recommandé de faire un diagnostic au moyen du test de provocation orale (TPO), suivi d'un exercice physique en consultation. Les risques sont toutefois plus sévères - notamment la survenue possible d'un choc anaphylactique - et le protocole plus lourd, puisque le test se réalise en plusieurs étapes. La séquence comporte un TPO classique en consultation hospitalière spécialisée, qui montrera l'absence de réaction clinique après ingestion isolée de pain ou de farine. Le patient revient le lendemain à distance de toute consommation de blé, pour faire un test d'effort sur tapis roulant. Si ce dernier est normal, la personne se présentera à la consultation une troisième fois pour un TPO suivi d'un test d'effort, une demi-heure à une heure et demie plus tard.

Les activités sportives les plus souvent incriminées dans l'anaphylaxie à l'effort sont le jogging, la marche active et l'aérobic, tandis que le vélo, le ski de descente et la natation sont plus rarement en cause. Les hommes et les femmes sont également atteints. Sur le plan moléculaire, la gliadine du gluten est un allergène majeur dans cette pathologie. Dans une étude japonaise, 80% des sujets atteints ont des tests positifs à la gliadine et la grande majorité des 20% restants sont testés positifs à la gluténine, un autre composant du gluten. L'absorption concomitante d'aspirine ou d'anti-inflammatoires non stéroïdiens apparaît comme un facteur favorisant la pathologie. Toutefois les mécanismes profonds de l'allergie à l'effort sont encore largement méconnus, même si la phase de sensibilisation et la sécrétion d'IgE, typique de l'allergie immédiate, sont bien mises en évidence dans ces cas. Il est très probable que l'effort facilite l'absorption de l'allergène dans le sang à partir du tractus gastro-intestinal.

## Quand l'effort redevient possible

Une hypothèse veut qu'à l'origine, une protéine tissulaire activée par l'exercice physique intense, la transglutaminase, se lie à l'antigène incriminé - dans ce cas, la

gliadine du gluten - pour constituer des complexes hyper-antigéniques. Ces derniers se fixent avec une grande affinité aux IgE sériques, amplifiant la réaction allergique (4), (5), (6), (7). Selon certains auteurs, la thérapie la plus fiable dans l'allergie à l'effort et au blé reste l'élimination stricte des produits farinés avant l'exercice intense et/ou la limitation impérative de l'exercice après la consommation de blé. Concernant l'évolution de la maladie, s'il est bien établi que l'âge de résolution de l'allergie au blé survenue dans l'enfance est de 6 ans et demi en moyenne, le devenir de l'allergie à l'effort et au blé est plus flou, par manque de recul principalement.

Une étude a toutefois publié en 2010 un premier cas de résolution d'une allergie alimentaire au blé et à l'effort chez un adulte. Un patient se présente en consultation allergologique suite à des réactions sévères de type anaphylactique, et l'interrogatoire révèle une histoire d'urticaire aiguë qui dure depuis 3 ou 4 ans. Les prick-tests réalisés sont positifs à la farine de blé, tandis que l'ingestion de produits farinés est bien tolérée, et le praticien suspecte en conséquence une allergie alimentaire au blé et à l'effort. Il est prescrit au patient, entre autres, de supprimer totalement le blé de son alimentation. Trois ans et demi plus tard, après une très longue période d'éviction, il peut à nouveau consommer des produits farinés, et partir faire de l'exercice, sans ressentir la moindre gêne. Les prick-tests qui seront refaits en consultation seront effectivement devenus négatifs.

## Blé et industrie agro-alimentaire

De nouveaux allergènes dérivés de la farine sont apparus ces dernières années: les hydrolysats de blé. Dans le grain du blé, le gluten constitue la réserve de protéines pour la future plante à germer. Il est chargé en molécules de haut poids moléculaire et son insolubilité dans l'eau en limite l'utilisation dans l'industrie alimentaire. L'hydrolyse acide à haute température du gluten afin d'en modifier les propriétés physico-chimiques, libère des composés solubles, les hydrolysats de blé. Ces ingrédients sont utilisés comme stabilisants, épaississants et émulsi-

## Des réactions croisées entre le blé, le seigle et l'orge

Il est fréquent d'observer des réactions croisées dans toutes les allergies, et la sensibilisation au blé n'échappe pas à la règle. Ainsi les patients déjà allergiques au blé ne tolèrent pas toujours d'autres céréales, particulièrement le seigle et l'orge. Ils devront également faire attention à l'avoine et même aux céréales sans gluten, le riz et le maïs principalement, bien qu'elles soient moins souvent en cause. Le plus souvent, il n'y a qu'une simple sensibilisation, sans manifestation clinique et le patient peut consommer ces produits. Des réactions croisées peuvent également survenir avec des espèces plus éloignées, des légumineuses plus spécialement. Une étude a ainsi indiqué que dans le sérum d'enfants atteints d'une allergie à l'une des espèces suivantes: blé, arachide ou soja, il existait, dans 80% des cas, des anticorps IgE contre les deux autres espèces. Par contre, il n'y a pas plus de risques pour les personnes sensibilisées aux céréales alimentaires de souffrir d'allergie aux pollens des graminées que dans la population générale.





14

fiantes dans les préparations alimentaires industrielles. Toutefois, le traitement chimique subi par la molécule modifie la structure primaire des protéines et fait apparaître de nouvelles portions aller-

gisantes au sein même de la molécule de gluten fractionnée. C'est ainsi que les hydrolysats ont été incriminés dans des cas d'allergie alimentaire avec œdème laryngé et urticaire généralisée, ainsi que dans des réactions alimentaires anaphylactiques. Une personne peut tout à fait être allergique aux hydrolysats du blé et très bien tolérer la farine native, et tous ses dérivés, ce qui semble même être le cas le plus fréquemment décrit dans la littérature (8), (9). Il est possible de démasquer dans les préparations alimentaires les hydrolysats du blé, qui apparaissent sous l'appellation «protéines de blé» sur les étiquetages. On les retrouve par exemple dans de nombreuses charcuteries et viandes reconstituées, certains vins rouges et même des pâtes alimentaires !

Les hydrolysats du blé sont, par ailleurs, de plus en plus utilisés dans l'industrie du cosmétique (10). Ils sont présents dans de nombreux produits, comme des sérums, crèmes de soins, masques, mascaras ou shampooings. Ils ont été mis en cause dans des urticaires de contact et des dermatites (eczémas) de contact, que ce soit au niveau des paupières, des lèvres, des mains ou sur toute autre partie du corps, en fonction du type de produit et de l'usage qui en est fait. Les crèmes cosmétiques sont conçues en

fonction de leur absorption par la peau, c'est même une condition de leur efficacité. De par ses propriétés, le produit fait pénétrer dans la peau des agents potentiellement nocifs, tels que des irritants ou des allergènes, qui vont réagir avec les cellules immunitaires présentes localement dans le revêtement cutané. Les médicaments topiques, conçus comme des crèmes, sont à appliquer localement pour faire pénétrer une substance active et présentent les mêmes inconvénients et risques. Les populations les plus exposées sont les bébés et les nourrissons, dont la peau très sensible et fine est plus perméable aux produits qu'on y applique que celle des adultes.

Le dermatologue confronté à des plaintes concernant la peau devra différencier une allergie cutanée d'une peau sensible ou d'une peau irritée. L'irritation chronique de la peau favorise le développement d'une allergie cutanée, c'est pourquoi il est important de traiter l'irritation en écartant définitivement le produit en cause. Dans l'allergie cutanée vraie, la peau se sensibilise au fil des contacts répétés avec un cosmétique jusqu'à ce que s'expriment les symptômes d'une dermatite. Il faut s'alerter lorsque l'on commence à éprouver des démangeaisons et observer si des rougeurs de la peau apparaissent.

## Crèmes au blé et urticaire

**L'**industrie du cosmétique utilise des milliers de molécules différentes dans la composition de ses produits. Les ingrédients les plus à craindre pour leurs effets allergisants sont les parfums, les excipients et les conservateurs. Les produits les plus courants, savons, shampooings, crèmes lavantes, crèmes à raser, après-rasages ou déodorants (la liste n'est pas exhaustive) sont susceptibles de déclencher des effets secondaires indésirables au niveau de la peau, irritation ou allergie vraie. La manifestation clinique la plus fréquente de l'allergie cutanée est la dermatite (ou eczéma) de contact, qui se situe au point d'application du produit, par exemple les yeux, les lèvres ou le visage, et peut s'étendre à distance. Une personne peut très bien se sensibiliser en quelques applications, parfois dès la deuxième, comme cela peut survenir après plusieurs années d'exposition. L'eczéma peut prendre la forme de lésions sèches et fissurées ou se présenter au contraire sous une forme vésiculaire suintante. Toutefois, les cosmétiques contenant des hydrolysats de blé (voir texte) sont plutôt en cause dans des urticaires. L'urticaire est une réaction fugace survenant dans l'heure qui suit

l'application du cosmétique, et qui disparaît en quelques heures. Elle dessine des lésions roses ou rouge pâle à centre clair légèrement surélevées, dont les contours sont nets, et qui démangent. L'aspect de ces lésions est semblable aux piqûres d'orties, pour ceux qui en ont déjà souffert. Les tests réalisés en consultation pour débrouiller une dermatite de contact sont des patch-tests (voir texte). Si les hydrolysats du blé sont suspectés, il sera pratiqué des prick-tests, d'une aide plus efficace que les patch-tests. Dans certains cas le praticien pourra être amené à prescrire des tests d'application répétées, au cours desquels le patient applique pendant 15 jours, matin et soir, une petite quantité du produit suspecté sur une petite zone de l'avant-bras. Le test prend fin au moment où apparaît une éventuelle réaction locale.



L'allergie cutanée prendra finalement l'aspect d'un eczéma ou plus rarement, d'une urticaire. Les hydrolysats du blé peuvent provoquer des urticaires simples ou accompagnées d'œdèmes de la conjonctive ou des muqueuses respiratoires. Selon les experts, ils ont également causé des urticaires aiguës parfois sérieuses, avec œdème généralisé, entreprenant le larynx ou se compliquant de choc anaphylactique.

## Fouiller la vanity case



Après enquête fouillée auprès du patient sur sa «vanity case» complète, le dermatologue pratique des patch-tests, qui sont les examens cutanés les plus adaptés à ce type d'allergie. Les parfums, conservateurs, excipients, colorants capillaires les plus fréquemment utilisés en cosmétologie sont testés. Les patch-tests sont appliqués sur le dos et sont décollés après 48 heures. Le praticien rajoute éventuellement à ces molécules de base des produits suspectés et apportés par le patient. Lorsque les hydrolysats du blé sont impliqués, les patch-tests, qui sont juste posés sur la peau, sont souvent négatifs et le diagnostic sera confirmé sur la positivité des prick-tests aux isolats (= hydrolysats). Il existe parfois une allergie alimentaire au blé associée à l'allergie au cosmétique, étant donné que le gluten et ses hydrolysats partagent des allergènes communs. Toutefois, l'association allergie de contact/allergie alimentaire est tout à fait variable dans la littérature. Il conviendra donc de distinguer l'allergie initiale au blé révélée par un accident avec les hydrolysats, de la simple allergie à un cosmétique contenant des isolats. Dans le premier cas les prick-tests sont positifs avec la farine et avec les isolats, ce qui n'est pas le cas en l'absence d'allergie alimentaire, les prick-tests à la farine restant négatifs lors d'une sensibilisation aux seuls isolats.

Par ailleurs, et c'est un fait nouveau et intrigant, certains auteurs estiment que des patients au départ non allergiques sur le plan alimentaire, se sont progressivement sensibilisés aux hydrolysats

de blé consommés, en utilisant des produits cosmétiques qui en contenaient. «*Last but not least*», l'évolution de l'allergie aux isolats est peu connue étant donné le manque de recul, mais il semblerait que dans certains cas, une allergie à la farine de blé native puisse se développer secondairement à une sensibilisation alimentaire aux isolats. Les allergologues et autres dermatologues ont du pain sur la planche - et même des hydrolysats de blé pour ainsi dire - pour démêler ces nouveaux cas d'allergies pas banales qui émergent à la faveur du développement de procédés industriels toujours plus sophistiqués dans la filière agro-alimentaire.

Quelles que soient les manifestations cliniques de l'allergie au blé, les conseils à donner en matière de diététique sont délicats, la céréale entrant dans la composition de nombreux aliments sous forme masquée, ce qui rend son éviction particulièrement laborieuse. Quand ce n'est pas l'étiquetage qui est difficile à décrypter. Il faudra par exemple écarter tout produit comportant l'une des mentions suivantes: blé, froment (blé tendre), épeautre (blé d'espèce rustique), orge, avoine, seigle, amidon, amidon modifié et matières amylicées non précisées (liste non exhaustive). Une farine traitée par fractionnement enzymatique des protéines antigéniques dans le but de la rendre hypoallergénique a été mise au point il y a quelques années. La liste des aliments à écarter est quant à elle impressionnante. De la céréale nature aux bières (y compris spéciales) en passant par les charcuteries, préparations panées et autres flans, plats préparés, etc... on ne compte plus les produits à éviter. Certains excipients médicamenteux contiennent également du gluten ou des dérivés amidonnés. Le régime d'éviction stricte représente un véritable parcours du combattant quotidien pour les personnes concernées par l'allergie au blé, qu'elle qu'en soit la forme clinique ou la gravité. C'est pourquoi des études rétrospectives ayant pour objet l'histoire naturelle de la maladie avec un peu de recul pourraient apporter une aide non négligeable au praticien dans les conseils à prodiguer aux patients légitimement inquiets et en demande d'informations au sujet de la maladie et de l'attitude à adopter. ■

- (1) Aihara Y, Takahashi Y, Kotoyori T, Mitsuda T, Ito R, Aihara M, et al. Frequency of food-dependent, exercise-induced anaphylaxis in Japanese junior-high-school. *J Allergy Clin Immunol* 2001;108:1035-9.
- (2) Tanaka S. An epidemiological survey on food dependent exercise-induced anaphylaxis in kindergartners, schoolchildren and junior high school students. *Asia Pac J Public Health* 1994;7:26-30.
- (3) Guinpain MT, Eloit C, Raffard M, Brunet-Moret MJ, Rassemont R, Laurent J. Exercise-induced anaphylaxis: useful screening of food sensitization. *Ann Allergy Asthma Immunol* 1996;77:491-6.
- (4) Perkins DN, Keith PK. Food and exercise-induced anaphylaxis: importance of history in diagnosis. *Ann Allergy* 2002;89:15-23.
- (5) Palosuo K, Varjonen E, Kekki OM, Klemola T, Mikkola J, Kakkinen N, et al. Wheat omega-5 gliadin is a major allergen in children with immediate allergy to ingest wheat. *J Allerg Clin Immunol* 2001; 108:634-8.
- (6) Beaudouin E, Renaudin JM, Morisset M, Codreanu F, Kanny G, Moneret-Vautrin DA. Food-dependent exercise-induced anaphylaxis-update and current data. *Allergy Immunol* 2006;38:45-51.
- (7) K. Palosuo, H. Alenius, E. Varjonen, M. Koivuluhta, J. Mikkola, H. Keskinen, N. Kalkkinen, T. Reunala. A novel wheat gliadin as cause of exercise - induced anaphylaxis. *J Allergy Clin Immunol*, 103 (1999), pp. 912-917.
- (8) Leduc V, Moneret-Vautrin DA, Guerin L, et al. Anaphylaxis to wheat isolates: immunochemical study of a case proved by means of doubleblind, placebo-controlled food challenge. *J Allergy Clin Immunol* 2003;111:897-9.
- (9) Beaumont P, Leduc V, Battais F, et al. Allergy to wheat isolate contained in pasta. *Rev Fr Allergol* 2005;45:612-4.
- (10) Varjonen E, Petman L, Makinen-Kiljunen S. Immediate contact allergy from hydrolyzed wheat in a cosmetic cream. *Allergy* 2000;55:294-6.



# L'ADN de...

## Olivier KUMMER Parfumeur

Propos recueillis par **Géraldine TRAN** • [geraldine.tran@spw.wallonie.be](mailto:geraldine.tran@spw.wallonie.be)

Photos: **SCIENCE** (ADN), [freeimageslive.co.uk](http://freeimageslive.co.uk) (p.16), **G. TRAN** (pp.16-17)

### Recto

16

**Parfumeur, était-ce une vocation ? Comment l'idée d'exercer ce métier vous est-elle venue ?** J'ai toujours été fasciné par les odeurs et les arômes, et donc entre autres par la cuisine, mais je n'ai pas directement pensé à la parfumerie, un milieu que je trouvais un peu «tape à l'oeil». Je m'orientais plutôt vers la chimie ou l'herboristerie, le côté «alchimiste» m'attirait. Il faut dire que mon papa était chimiste. Mais l'aspect créatif m'a vite manqué.

**Comment devient-on artisan-parfumeur ?** J'ai commencé par la poterie, en fabriquant entre autres des diffuseurs de parfum et des brûle-parfum. Mes clients me demandaient sans cesse ce qu'il fallait mettre dedans. J'ai donc pris contact avec des fournisseurs de matières premières de parfumerie pour répondre à cette demande. C'est par ce biais que je suis entré en parfumerie. Depuis, j'ai cotoyé des parfumeurs qui m'ont encadré, formé et suis devenu membre actif, à 20 ans, de la société française des parfumeurs, qui est une référence dans le secteur. J'ai également suivi une formation en création d'entreprise et créé ma propre société, Aromart.

**Vous avez lancé votre propre entreprise mais vous ne vous êtes pas arrêté là ?** Effectivement. Si l'idée de travailler dans le parfum était là au départ, j'ai choisi de mettre mes «talents» au service de 3 domaines: l'enseignement (ateliers, initiations pour les enfants,...), la culture (expositions dans les musées, ateliers olfactifs,...) et la création/commercialisation de parfums. Mes activités professionnelles aujourd'hui se partagent entre ces 3 activités. Tout cela me pousse à me former continuellement, en langues par exemple, en histoire,... Pour ma part, la plus grande formation vient des livres.

**Quels sont vos rapports avec la science ? Quels sont vos premiers souvenirs «scientifiques» ?** Je me souviens de mes vacances en Toscane. J'avais 11 ans et j'étais obsédé par l'idée d'arracher toutes les plantes aromatiques que je trouvais pour essayer d'en extraire les odeurs. Je faisais des décoctions, macérations,... J'ai ainsi découvert quelques techniques efficaces ! Un vrai petit labo...

**Quelle est la plus grande difficulté rencontrée dans l'exercice de votre métier ?** Croire en mes rêves alors que j'étais seul contre tous. On me prenait pour un utopiste, un doux rêveur, voire un fou d'investir de l'argent, du matériel dans ce qui n'était qu'une idée, une intuition, des choses qui n'étaient pas certaines de se concrétiser. Cela a été un gros travail en amont et un développement de longue haleine. Pas question d'attendre à ma fenêtre qu'on vienne me chercher. Le plus «dur» a été d'oser me lancer. Il y a aussi la question de rentabilité, du chiffre d'affaires, si cher aux banquiers !

**Quelle est votre plus grande réussite professionnelle jusqu'à ce jour ?** C'est d'avoir réussi à développer une osmose avec certains groupes, de parvenir à avoir du répondant. Lors de mes ateliers olfactifs, il y a de vraies rencontres, une interactivité, des gens réceptifs et passionnés. Et puis, d'arriver aussi à évoluer sans cesse, concrétiser de nouveaux projets.

**Quels conseils donneriez-vous à un jeune qui aurait envie de suivre vos traces ?** La parfumerie est un milieu fermé: il y a beaucoup d'appelés mais peu d'élus. Mais dans une société structurée comme la nôtre où uniformité et norme font loi, il faut oser être soi-même, assumer ses envies et ses rêves et ne pas hésiter à proposer sa vision personnelle. Cela demande beaucoup de travail, d'humilité, de remise en question, de proactivité et de patience. Il ne faut jamais se reposer sur ses lauriers, on peut toujours faire mieux. Je conseillerais encore de rester ouvert aux rencontres et hasards de la vie qui peuvent nous mener parfois très loin. ■



OLIVIER KUMMER

NOM: KUMMER

PRÉNOM: Olivier

ÂGE: 35 ans

ENFANTS: Pas encore

PROFESSION: Artisan parfumeur (AROMART sprl), entrepreneur, animateur d'ateliers olfactifs.

FORMATION: Études secondaire à l'Athénée royal d'Uccle. Formation en initiation à la création d'entreprise à la Solvay Brussels School.

ADRESSE: Musée de Mariemont (ateliers olfactifs):  
Chaussée de Mariemont, 100  
à 7140 Morlanwelz

## Plus d'infos:

[olivierkummer@hotmail.com](mailto:olivierkummer@hotmail.com)

[www.musee-mariemont.be](http://www.musee-mariemont.be)

[www.solvay.edu](http://www.solvay.edu)

[www.parfumeur-createur.com/](http://www.parfumeur-createur.com/)

## Verso

**Je vous offre une seconde vie, quel métier choisiriez-vous ?** Un métier, ça a une connotation statique. Je referais la même chose car j'ai déjà plusieurs métiers. Je n'ai pas l'impression d'être passé à côté de quelque chose.

**Je vous offre un super pouvoir, ce serait lequel et qu'en feriez-vous ?** Un superpouvoir utile: permettre à la majorité des enfants d'avoir une éducation. Partout dans le monde, ils auraient les mêmes chances. Plus superficiellement, un jet pour voyager où je veux, quand je veux !

**Je vous offre un auditoire, quel cours donneriez-vous ?** Je suis mal à l'aise avec les cours ex cathedra. Les ateliers olfactifs et leur interactivité me conviennent parfaitement.

**Je vous offre un laboratoire, vous plancheriez sur quoi en priorité ?** Immédiatement, je pense à un labo de parfumerie qui plancherait sur le plaisir du sens. Sinon j'aimerais trouver un remède-miracle. Guérir des maladies.

**Je vous transforme en un objet du 21<sup>e</sup> siècle, ce serait lequel et pourquoi ?** Un hélicoptère ! Pour le côté magique. C'est un objet gracieux, à l'image du colibri, qui permet de prendre de la hauteur. Une belle image du relativisme. Et puis ça a un côté fascinant point de vue technologique.

**Je vous offre un billet d'avion, vous iriez où et qu'y feriez-vous ?** Au Japon. Je suis fasciné par la culture de ce pays ou en tous cas de certains de ses aspects: leur sens de l'épure et de l'esthétique, leur sobriété, la calligraphie, la céramique, la gastronomie. C'est un pays qui a su développer une identité très forte alors qu'en tant qu'archipel, c'est un territoire isolé. J'aimerais vraiment m'immerger dans leur culture, vivre avec les japonais.

**Je vous offre un face à face avec une grande personnalité du monde, qui rencontreriez-vous et pourquoi ?** Michel Legrand. C'est un homme-orchestre: chef, interprète, compositeur. Il est multi-talents et inclassable. Son œuvre, que l'on

pourrait presque qualifier de synesthésique, est remplie de mixité, de mélanges et en même temps, tout se complète de manière homogène. Par rapport à son œuvre, je me dis que le personnage doit être intéressant... ■





# Enseigner avec les TICE - 3

18

Texte: **Christian VANDEN BERGHEN** • [cvb@easi-ie.com](mailto:cvb@easi-ie.com) • <http://www.easi-ie.com>  
[http://www.twitter.com/easi\\_ie](http://www.twitter.com/easi_ie) • <http://www.inventerlefutur.eu>

Illustrations: **O. SAIVE/Cartoonbase**

**Nous avons été conviés cette semaine à animer une journée de conférences et d'exercices pratiques pour les professeurs d'un important établissement scolaire, ce qui nous a permis de voir à quel point ces professeurs sont demandeurs de solutions innovantes permettant de travailler avec des élèves et étudiants issus de la génération Y. L'un d'eux nous demandait s'il ne valait pas mieux emmener les élèves ramasser des champignons et les priver ainsi de leurs chers appareils. La réponse est évidemment affirmative. Mais pourquoi ne pas profiter du ramassage des champignons pour les inviter à les photographier avec leurs smartphones (qu'ils ont de toute façon à portée de main) pour ensuite leur demander de les identifier en leur apprenant à utiliser correctement un moteur de recherche, puis de les aider à créer une carte mentale ou un blog collectifs sur ce sujet ? Car les digital natives, autre nom de la génération Y, adorent leurs outils. Plutôt que de s'y opposer, pourquoi ne pas les utiliser intelligemment, dans le cadre de l'enseignement ?**

**U**n autre professeur, découvrant à quel point il est facile de créer un blog, nous demandait quel intérêt cela pourrait représenter pour des élèves qui doivent connaître cela mieux que les adultes. La question était pertinente. Mais pourquoi ne pas demander aux élèves de rédiger un mode d'emploi du blog, par exemple

à destination des parents ? Cela les obligerait à être méthodiques, clairs, concis et précis.

Dans les deux premières parties de cet article, nous avons étudié une série d'outils en montrant quelques exemples d'utilisations possibles en classe. En voici deux autres: les cartes mentales et *Evernote*.

## Cartes mentales

Les cartes mentales ne sont pas à proprement parler des applications relevant des TICE puisqu'on les dessine aussi à la main. Mais très rapidement, on découvre que les applications permettant de réaliser des cartes mentales sur l'ordinateur ou en ligne sont infiniment plus pratiques. Quand nous enseignons les cartes mentales dans les écoles ou les entreprises, les participants sont unanimes pour admettre que cette méthode leur fait gagner de 30 à 50% d'efficacité, que ce soit pour prendre des notes, pour rédiger, pour préparer une réunion ou simplement pour aligner des idées.

### ► De quoi s'agit-il ?

La technique du *Mind Mapping*, largement développée par Tony Buzan, psychologue d'origine anglaise, facilite la prise de notes, la mémorisation et la rédaction, et favorise la créativité. L'idée

générale est de mettre sur papier (ou sur écran) les idées telles que le cerveau les génère et pas sous forme de listes numérotées telles que les impose un traitement de texte. Le *Mind Mapping* peut très facilement se faire sur papier. Les francophones parlent de cartes mentales ou de cartes heuristiques.

La technique du *Mind Mapping* s'apprend, mais elle est tellement intuitive, tellement plus proche du fonctionnement de notre réflexion, que la demi-journée consacrée à son apprentissage fera gagner des journées entières de travail.

Il existe aussi de nombreux programmes permettant de bâtir des cartes mentales. Le plus riche est assurément *MindManager* car il permet aussi la publication de cartes en différents formats: Word, PDF, site Web, etc.. Il permet par exemple de rédiger un article dont les branches et sous-branches deviendront les titres et sous-titres d'un document Word, tandis que le texte proprement dit sera rédigé dans des «notes» liées aux branches ou sous-branches. *MindManager* est un programme payant, développé par la société *MindJet* (<http://www.mindjet.com/>), mais il peut être testé pendant 21 jours sans engagement.

Il existe également de très nombreuses applications gratuites en ligne ou à télécharger permettant de créer d'excellentes cartes mentales:

- *Wisemapping* (<http://www.wisemapping.com/>)
- *xMind* (<http://www.xmind.net/>)

- *FreeMind* (<http://freemind.sourceforge.net/>)
- *MindMeister* (<http://www.mindmeister.com/>)
- *Mindomo* (<http://www.mindomo.com/>)

Pour en apprendre davantage sur les cartes mentales ou heuristiques, nous vous recommandons l'excellent blog francophone *Serial Mapper* (<http://www.serialmapper.com/>). En anglais, le *Mind Mapping Software Blog* (<http://mindmappingsoftwareblog.com/>) vous tiendra informé de toute l'actualité des programmes de *Mind Mapping*. N'oubliez pas de consulter ces deux sites francophones:

- *Heuristique* (<http://www.heuristique.com/>)
- *Efficartes* (<http://blog.efficartes.fr/>)

Il existe également un autre outil gratuit, *CMap* (<http://cmap.ihmc.us/>), destiné à représenter des processus. À l'inverse des programmes destinés à la création de cartes mentales, *CMap* permet de faire partir plusieurs branches d'un même élément. Cet outil crée des cartes conceptuelles (<http://goo.gl/J8Lpw>).

### ► Débuter avec les cartes mentales

Le principe des cartes mentales est simple puisqu'elles font appel au fonctionnement naturel du cerveau. Quelques règles doivent être respectées:

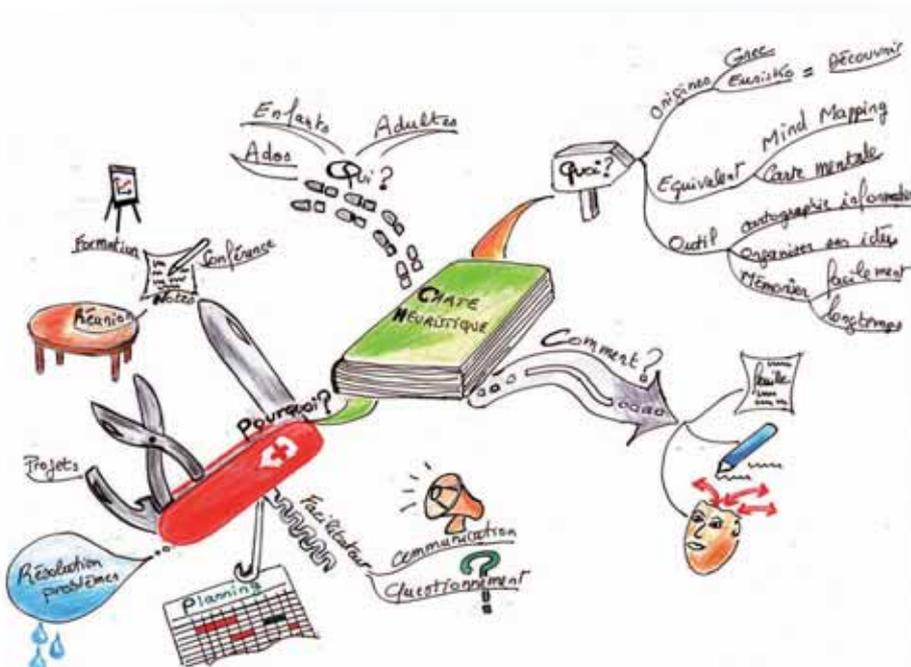
- 1 Il est recommandé de commencer par des cartes mentales dessinées à la main. Pour cela, on utilise des feuilles blanches (ni rayées, ni quadrillées), au

format A3 et placées en mode paysage (en largeur).

- 2 On commence toujours par le centre de la page en y plaçant le sujet de la carte.
- 3 Ensuite, on commence à dessiner la première branche en commençant en haut à droite (à 1 heure sur un cadran d'horloge) et on tourne dans le sens horaire. Cette disposition est capitale car lorsqu'on utilise des programmes informatiques, la numérotation des branches commencera à 1 heure sur le cadran et le contenu de cette branche deviendra le 1<sup>er</sup> chapitre du document si, par exemple, on décide de transformer la carte en document Word. Les chapitres suivants suivront le sens des aiguilles d'une montre.
- 4 Une branche = une idée ! Beaucoup de débutants commettent l'erreur d'écrire des phrases sur les branches alors qu'elles ne peuvent comporter qu'une seule idée ou un seul mot-clé. Il faut toujours revenir à l'idée unique principale et y ajouter des sous-branches si nécessaire.
- 5 Utiliser des couleurs et des images car elles favorisent la mémorisation. Le matériel de base se compose donc de feuilles de papier blanches et unies au format A3 et d'une boîte de crayons de couleur.
- 6 Laisser venir les idées sans se forcer. Quand on travaille avec des cartes mentales, on ne s'acharne pas à écrire en commençant par l'introduction et en terminant par la conclusion. On note les idées au fur et à mesure qu'elles arrivent. Le cerveau n'a pas un fonctionnement linéaire. Au contraire, il fonctionne sur le principe de la pensée irradiante, une pensée entraîne une autre pensée qui entraîne une autre pensée, etc.

### Ne jamais oublier !

Une carte mentale représente la manière dont chacun perçoit un sujet et la manière dont les idées arrivent. Il ne peut donc pas exister deux cartes identiques. Il n'existe donc pas davantage un modèle à suivre. La carte mentale est toujours totalement subjective. Idéalement, elle doit néanmoins rester lisible et compréhensible pour une autre personne.





*Les cartes mentales permettent de synthétiser de manière claire un sujet contenant plusieurs idées. Elles sont totalement subjectives et d'abord utiles pour soi-même, mais cela n'empêche pas qu'elles puissent être comprises par autrui. Une bonne manière de lire dans les pensées en somme...*

L'informatique présente un gros avantage par rapport au papier car elle permet d'ajouter des notes à chaque branche. Et c'est dans ces notes que vient se placer le texte qui va «habiller» le squelette. Ces notes deviennent alors le corps du texte.

### ► Avantages des cartes mentales

Le principal avantage des cartes mentales est de faire travailler le cerveau gauche et le cerveau droit, alors que la pédagogie classique favorise surtout le développement du cerveau gauche des élèves.

- Le cerveau gauche peut être caractérisés par les mots-clés suivants: logique, analytique, mathématique, séquentiel, abstrait, déductif, verbal, vertical, explicite, mots, détails...
- Le cerveau droit est quant à lui caractérisé par les mots-clés suivants: analogique, symbolique, artistique, synthétique, spatial, global, simultané, latéral, dessiner, griffonner, chanter, images, global...

Les élèves chez qui les traits caractéristiques du cerveau droit prennent le dessus éprouvent souvent beaucoup de difficultés à s'adapter à l'enseignement classique. La carte mentale les aidera

grandement à prendre des notes, à étudier, à mémoriser et à restituer.

### ► Utiliser les cartes mentales en classe

Les utilisations des cartes mentales dans le cadre scolaire sont diverses et variées. Elles peuvent servir lors de la prise de notes, pour la création d'un cours, pour réviser, pour préparer un travail de recherche, etc.

#### ■ Prise de notes

Il existe de nombreuses manières de prendre des notes, mais la plupart ne sont pas adaptées au mode de fonctionnement du cerveau.

Dans un exposé ou un cours, on estime que seulement 10% des mots utilisés sont réellement importants. Ils constituent en quelque sorte le squelette du discours. Tout le reste sert à habiller le squelette. Les méthodes classiques de prise de notes ont tendance à tenter de noter durant l'exposé. Ces méthodes entraînent un stress considérable. La méthode de prise de notes sous forme de carte mentale favorise l'écoute active puisqu'on n'écrit que ce qu'on appelle les «mots de rappel», ces 10% des mots qui favoriseront ensuite la mémorisation.

#### ■ Langues

Les cartes mentales font disparaître le fameux syndrome de la page blanche car elles suppriment le besoin de composer un texte de A à Z, de l'introduction à la conclusion. Une fois la méthode acquise, elle peut facilement être utilisée pour préparer un cours, pour un travail de rédaction ou pour noter les résultats d'un travail de recherche.

Les cartes mentales sont idéales pour résumer un livre. Dans ce cas, une branche pourrait par exemple comporter autant de sous-branches qu'il y a de personnages. Une autre branche pourrait résumer l'intrigue, tandis que d'autres branches pourraient servir de support à l'analyse.

#### ■ Sciences

Pourquoi ne pas demander aux élèves de créer une carte mentale sur les animaux et les classer selon leur mode de déplacement, leur manière de naître, leur façon de se nourrir, leur environ-

nement. Cette page (<http://goo.gl/L2jfV>) montre 2 exemples de cartes qu'il est facile de faire réaliser aux élèves.

### ■ Histoire

Un des bénéfices des cartes mentales est qu'elles permettent de visualiser des volumes importants d'informations sur une seule page, ce qui favorise une compréhension globale. Certains professeurs d'histoire les utilisent par exemple pour résumer une histoire complexe comme la Première Guerre Mondiale ou pour représenter la dynastie belge. L'histoire de Napoléon est visible en une carte réalisée avec le logiciel *xMind* à l'adresse <http://www.xmind.net/m/mTEP/>. De plus en plus souvent, les cartes mentales sont utilisées pour aider des enfants dyslexiques.

Voici deux sites à consulter:

- <http://classemapping.blogspot.be/>
- <http://goo.gl/OKFPF>

## Evernote

*Evernote* (<http://evernote.com/>) est une application gratuite destinée à noter tout: depuis les listes de tâches à accomplir jusqu'aux chapitres d'un livre. Les avantages sont nombreux:

- l'application fonctionne sur toutes les machines: smartphones, iPad, PC, Mac...;
- la version pour smartphones permet de créer une note sous forme de photo, de dicter du texte, d'écrire, de dessiner...;
- tout se synchronise d'un simple clic entre tous les appareils;
- les notes peuvent être regroupées dans des dossiers (des «carnets»);
- les notes peuvent être créées en envoyant un simple email à *Evernote*. Cette adresse unique est créée lors de l'ouverture d'un compte.

*Evernote* est une application tellement populaire que des tas de petits outils complémentaires sont développés par des informaticiens et mis ensuite à disposition du public. Le plus utile est sans conteste *Web Clipper* qui permet de sélectionner une partie de texte dans une page Web et de la sauver dans une note après l'avoir annotée si nécessaire. *Web Clipper* est une extension disponible pour *Chrome* (<http://goo.gl/BijQa>) et pour *Firefox* (<http://goo.gl/SCK42>).

### ► Dans le cadre scolaire

*Evernote* est un formidable outil pour les étudiants et les professeurs. Voici quelques idées d'utilisation:

#### ■ Pour les professeurs

De plus en plus de professeurs utilisent *Evernote* pour préparer leurs cours. Ils peuvent y conserver (et retrouver très facilement) des extraits de sites Web, des notes personnelles, des PDF importés, des images et photos, etc. Puisque les carnets peuvent être partagés, le

logiciel peut servir de carnet de liaison avec les parents et les élèves. On peut y déposer des documents, des corrigés, des explications complémentaires. Certains utilisent même *Evernote* comme bulletin ou demandent aux élèves d'y déposer leurs travaux.

Un professeur a relaté une expérience effectuée durant un an avec *Evernote*. Elle explique cela dans un article intitulé *The Epic Evernote Experiment* (<http://goo.gl/2aECO>). Il n'est évidemment pas nécessaire d'aller aussi loin dans l'utilisation de cette application...

#### ■ Pour les étudiants

S'il s'agit de sensibiliser les élèves aux risques écologiques, pourquoi ne pas commencer par organiser un cours sans papier. Il suffit d'un scanner et d'un smartphone pour rendre cela possible. Outre l'évident intérêt écologique, plus aucun document ne risque de se perdre.

Vous avez écrit des tas de choses au tableau ? Il suffit de le photographier et de sauver la photo dans *Evernote*. Il en va de même pour certains travaux d'élèves qui ne pourraient être réalisés que sur papier.

Vous avez scanné un document mais le rendu en PDF est de piètre qualité ? Importez-le dans *Evernote* (version Premium, environ 3,75 euros par personne par mois - <http://goo.gl/FcHzU>) qui va aussitôt numériser le document et l'optimiser.

Mais bien d'autres applications sont disponibles pour aider les professeurs à (re)nouer le dialogue avec les *digital natives*: tableaux interactifs, formation à distance, partage de favoris, etc. ■



# Nemo

## parle-t-il vraiment ?

En 2007, les chercheurs du Laboratoire de morphologie fonctionnelle et évolutive de l'Université de Liège furent les premiers à montrer que les sons d'agression émis par les poissons-clowns résultaient du claquement de leurs dents buccales. Récemment, ils ont découvert le rôle primordial que semblent remplir les signaux acoustiques d'agression et de soumission dans le mode de vie des groupes de poissons-clowns vivant en symbiose avec une anémone de mer...

22



Texte: Philippe LAMBERT • [ph.lambert.ph@skynet.be](mailto:ph.lambert.ph@skynet.be)

Photos: N. HOBGOOD/Flickr (p.22), REPORTERS/Life on White (p.23),

O. COLLEYE (p.25)

### >> En bref...

- \* Il existe 29 espèces de poissons-clowns. Mauvais nageurs, ils gravitent "en famille" autour d'une anémone de mer.
- \* Dans le clan, c'est la femelle qui porte la culotte. Si elle disparaît, c'est le mâle dominant qui se mue en femelle et le plus grand des poissons immatures devient mâle. Le système hiérarchique est uniquement basé sur la taille des individus.
- \* Leur mode de communication repose sur des sons d'agression et de soumission. Ces sons ne sont fonction que de la taille; le sexe ou la forme du corps n'y sont pour rien.

Il existe 29 espèces de poissons-clowns. Membres de la famille des Pomacentridae, elles appartiennent presque toutes au genre *Amphiprion*, une seule, rangée dans le genre *Premnas*, faisant exception à la règle. Les poissons-clowns se rencontrent dans les récifs coralliens de l'océan Indo-Pacifique, où ils vivent par groupes en symbiose avec une anémone de mer. Leur survie requiert ce mutualisme. Assez mauvais nageurs dans la plupart des cas, ils doivent en effet se cantonner la majeure partie du temps dans un refuge adapté, sous peine de devenir des proies faciles.

Adaptée à leur besoin de protection, l'anémone l'est assurément car les poissons-clowns, contrairement à leurs prédateurs, sont immunisés contre les attaques urticantes auxquelles elle se

livre, via ses tentacules, pour paralyser les intrus. Toutefois, si le poisson-clown de Clark (*Amphiprion clarkii*), par exemple, est capable de vivre dans une dizaine d'espèces d'anémones de mer, d'autres, tel le poisson-clown tomate (*Amphiprion frenatus*), ne peuvent trouver asile que dans une seule d'entre elles.

La vie au «village» est assez particulière. Tout d'abord - mais cela n'est pas vraiment exceptionnel -, c'est la femelle qui porte la culotte. Et pour cause: elle contrôle le changement de sexe. Si elle vient à mourir ou à disparaître pour une quelconque autre raison, son compagnon attiré, le mâle dominant, se mue en femelle. Et cela entraîne une révolution de palais. De fait, autour du «couple légitime» gravite un petit nombre de poissons immatures (quatre ou moins suivant les espèces) dont les gonades

ne sont pas encore sexuellement fonctionnelles. Hiérarchisés sur la base de leur taille respective, ces individus attendent leur tour dans la file, prêts à gravir les échelons qui, au gré des disparitions de congénères, les conduiront à la reproduction en tant que mâle dominant, puis en tant que femelle.

Comme le précise Orphal Colleye, assistant au Département de biologie, écologie, évolution de l'Université de Liège (ULg) et chercheur postdoc au Laboratoire de morphologie fonctionnelle et évolutive de la même institution, les poissons-clowns sont des hermaphrodites protandres. «*En d'autres termes, dit-il, ils ont pour caractéristique de devenir mâles avant de se transformer ultérieurement en femelles lors de leur accession à la maturité. Ils se distinguent ainsi de nombreuses autres espèces de poissons, pour lesquels l'hermaphroditisme est protogyne - l'individu acquiert d'abord les caractères sexuels femelles et ensuite mâles.*»

Résumons-nous. Dans l'anémone, une femelle, un mâle, quelques immatures subordonnés. Si la femelle disparaît, le mâle devient femelle et l'immature doté de la plus grande taille devient mâle. Si c'est le mâle qui disparaît, la femelle se trouve un nouveau «conjoint» en la personne du plus grand des immatures, lequel aura acquis les caractères sexuels mâles. Dans ces deux cas de «familles recomposées», chaque immature monte un barreau de l'échelle qui doit le mener à la reproduction.

Et Nemo alors ? Le dessin animé nous aurait-il berné ? Eh oui, cruelle désillusion ! Seul rescapé des œufs déposés sur un coin de rocher au pied de l'anémone familiale, le petit poisson n'aurait pu passer sa vie sous la protection de son père après que sa mère eut été mangée par un barracuda. Non, son père serait devenu mère et lui-même, Nemo, lui aurait donné une progéniture en temps voulu...

## Agressions verbales

Plus sérieusement, on peut se demander quel est le moteur des processus de transformation qui engendrent un mâle dominant au départ d'un imma-

ture et une femelle à partir d'un mâle. «*On ignore la nature exacte du facteur qui contrôle ce changement de sexe, indique Orphal Colleye. Est-il chimique, visuel ou acoustique ? Il serait assurément très intéressant d'entreprendre des recherches sur le sujet.*»

Autre question: comment est régie la vie du petit groupe de poissons-clowns attachés à une anémone ? Réponse: essentiellement par des relations de domination et de soumission au sein d'un système hiérarchique basé sur la taille des individus. Dans ce cadre, il apparaît, nous y viendrons, que la communication acoustique peut jouer un rôle primordial.

En 2007, le professeur Éric Parmentier, responsable du Laboratoire de morphologie fonctionnelle et évolutive de l'ULg, et Orphal Colleye avaient été les premiers à élucider le mécanisme par lequel les poissons-clowns émettent des sons d'agression lors de la défense de leur territoire (1). Jusque-là, deux procédés utilisés par les poissons pour générer des sons avaient été bien identifiés. Le premier consiste en la production de sons dits de stridulation, obtenus par la friction de deux parties dures du corps - par exemple, le frottement de l'articulation de la nageoire pectorale sur la ceinture scapulaire ou celui des dents pharyngiennes (2) les unes contre les autres.

La deuxième technique met en jeu la vessie natatoire, diverticule du tube digestif formant une poche d'air localisée sous les vertèbres de la cavité abdominale. Cet air permet au poisson de se stabiliser entre deux eaux en économisant son énergie, mais il peut aussi, chez certaines espèces, être employé pour produire du son. En effet, certains poissons font vibrer leur vessie natatoire à la manière d'un tambour à l'aide de muscles dits «soniques» qui s'insèrent soit directement sur elle, soit sur une structure connexe. D'autres expulsent l'air contenu dans la vessie par la bouche (cas de l'anguille) ou par l'anus (hareng...). On dira que l'anguille rote et que le hareng pète !

Qu'ont montré les chercheurs du Laboratoire de morphologie fonctionnelle et évolutive chez le poisson-clown de Clark ? Que c'était par voie buccale que celui-ci produisait des sons d'agression. Le couplage d'un hydrophone, d'une

caméra à haute vitesse (500 images par seconde) et d'un appareil à rayons X (de petites billes de plomb avaient été insérées dans plusieurs éléments osseux du crâne de l'animal) leur permit d'élucider la mécanique intime du système.

Lorsque le poisson «jette» la tête en arrière, l'inertie entraîne l'ouverture de la bouche et, simultanément, un abaïssement de la langue (3). Or, comme l'explique Éric Parmentier, cette dernière est reliée à la mâchoire inférieure par deux ligaments. Aussi, au-delà d'un certain point, leur extension provoque-t-elle la fermeture très rapide (moins de 10 millisecondes) de la bouche, induisant ainsi un claquement des mâchoires buccales. Le choc des dents est à l'origine d'un son d'une durée approximative de 20 millisecondes.

## Chacun à sa place

Dans des travaux publiés en novembre 2012 par la revue *PLoS One* (4), Orphal Colleye a abordé la question de la communication chez les poissons-clowns en s'intéressant à la manière dont étaient régies les interactions entre les individus vivant sous un même «toit». Effectuées au moyen d'une caméra sous-marine (25 images par seconde) maintenue dans un caisson étanche et couplée à un hydrophone, ses observations eurent lieu tantôt sur le terrain, tantôt sur des groupes de poissons prélevés en milieu naturel au Japon, avec leur anémone, et placés ensuite en aquarium.

Que découvrit le biologiste de l'ULg ? La présence, à côté des sons d'agression, de sons de soumission dont le mécanisme producteur demeure néanmoins inconnu - les mâchoires de l'animal ne bougent pas - et dont l'émission est accompagnée d'un comportement caractéristique que les spécialistes quali-





- (1) E. Parmentier et al., Sound production in the clownfish *Amphiprion clarkii*, *Science*, 2007.
- (2) Les dents pharyngiennes sont situées au niveau de la corbeille branchiale. Chez certaines espèces, elles servent à mastiquer les aliments; chez d'autres, elles sont assimilables à un tapis roulant qui entraînerait la nourriture dans l'œsophage. Les poissons possèdent également des dents buccales, dont le rôle principal est la préhension de la nourriture.
- (3) La langue des poissons est osseuse et se termine par la «corbeille branchiale» qui porte les branchies.
- (4) O. Colleye et al., Overview on the diversity of sounds produced by clownfishes (Pomacentridae): importance of acoustic signals in their particular way of live, *PLoS One*, 2012
- (5) Contrairement au mâle dominant et aux immatures, la femelle ne produit pas de sons de soumission
- (6) O. Colleye et al., Interspecific variation of calls in clownfishes: degree of similarity in closely related species, *BMC Evolutionary Biology*, 2011.

fient de «*headshaking*». «*En clair, le poisson subordonné se place de côté par rapport au dominant et frétille de la tête et du corps, ce qui engendre une onde vibratoire qui démarre au niveau de la tête avant de se poursuivre le long du corps du poisson*», indique Orphal Colleye.

Selon lui, les signaux acoustiques d'agression et de soumission pourraient remplir un rôle primordial dans le mode de vie des petits groupes de poissons-clowns partageant la même anémone de mer. Non seulement les interactions d'agression et de soumission se révèlent extrêmement fréquentes dans ces groupes, mais il apparaît également que les sons tant d'agression que de soumission sont fonction, en termes de fréquence et de durée de son, de la taille du poisson émetteur. Plus un poisson est grand, plus la durée des sons qu'il émet est longue et plus leur fréquence est basse. Autrement dit, ils sont le reflet de la hiérarchie en vigueur dans le groupe.

En principe, chacun sait donc à qui il a affaire. Et il est probable, selon l'analyse d'Orphal Colleye, que les signaux sonores agressifs émis par un individu hiérarchiquement supérieur à destination d'un subordonné et les signaux de soumission produits en retour par ce dernier aient pour but d'éviter des confrontations qui pourraient nuire à l'intégrité physique des «belligérants». Tout se passe comme si le dominant adressait des rappels à l'ordre («*Reste à ta place, c'est moi qui commande ici*») au subordonné, lequel lui confirmerait son allégeance («*Pas de problème, c'est toi le chef*»). «*Certains auteurs ont eu l'idée de placer des individus de même taille au sein de la même anémone. Cette similarité de taille avait pour conséquence de créer des conflits qui se sont traduits par la fuite d'un des protagonistes et parfois par sa mort*», rapporte Orphal Colleye.

Dans les comportements de soumission, l'aspect visuel est manifestement important. Non seulement parce que, comme nous le mentionnions, le message sonore y est toujours accompagné du «*headshaking*», mais plus encore parce qu'il arrive que cette parade soit effectuée sans l'émission du moindre son. «*On peut donc imaginer que le signal sonore représente une forme de renforcement du message de soumission transmis par le biais du "headshaking"*», commente le chercheur postdoc.

## Silence dans la chambre

Notre interlocuteur a montré par ailleurs que les sons étaient exactement les mêmes, si ce n'est par leur durée et leur fréquence, elles-mêmes liées à la taille de l'individu, qu'ils soient produits par une femelle (5), un mâle ou un poisson immature. Bref, le sexe n'influe en rien sur la signature acoustique.

Il y a plus étonnant encore. Dans une étude parue en 2011 dans la revue *BMC Evolutionary Biology* (6), Orphal Colleye a comparé les sons d'agression chez 14 espèces de poissons-clowns. Aucune différence ! À nouveau, seule la taille des individus, toutes espèces confondues, apporte une nuance (durée et fréquence du son) permettant de les discriminer à partir de leur production sonore. «*Bien que certaines espèces présentent des formes de corps différentes, bien que chez certaines d'entre elles, les dents buccales (qui vont entrer en contact lorsque le poisson claquera les mâchoires) soient caniniformes et chez d'autres, incisiformes, la signature acoustique est identique*», souligne Orphal Colleye.

Dans l'étude publiée par *PLoS One* cet automne, le chercheur ne s'est pas contenté d'analyser les interactions d'agression et de soumission au sein des groupes de poissons-clowns; il a également essayé de déterminer s'il y avait production de sons lors de la reproduction. Cela avait déjà été observé chez d'autres espèces de Pomacentridae, mais on ignorait encore s'il en était de même chez le poisson-clown. Armé de sa caméra 25 images/sec. et de son hydrophone, Orphal Colleye a d'abord observé des couples pendant un mois à l'aquarium de Brest (Oceanopolis), où sont élevées 6 espèces de poissons-clowns. Quelle que soit l'espèce, la reproduction n'était jamais accompagnée de l'émission du moindre son.

Craignant un possible biais comportemental dû à la captivité, le biologiste se rendit ensuite à la *Sesoko Station* sur l'île d'Okinawa (Japon), dont les récifs coralliens abritent 4 espèces de poissons-clowns. «*Plusieurs couples de poissons-clowns y sont maintenus en semi-captivité dans des conditions similaires à celles du milieu naturel - même photo-*



Orphal Colleye  
en face de la Sesoko Station  
sur l'île d'Okinawa

période, même température de l'eau, etc., dit-il. Là non plus, jamais l'hydrophone ne capta de son au cours des différents cycles de reproduction auxquels j'ai assisté.» La chance lui a également permis d'être témoin d'une reproduction en milieu naturel. Constat identique: les poissons-clowns demeurent «muets».

Pourquoi, contrairement aux autres espèces de Pomacentridae espionnées pendant leurs «ébats», les congénères de Nemo se taisent-ils durant ces moments cruciaux ? Sans doute, parce que le groupe est totalement hiérarchisé, que seul le mâle dominant a la possibilité de féconder les œufs déposés par la femelle après le jeu des parades nuptiales. Bref, il «jouerait à l'économie». «C'est en tout cas mon hypothèse, indique Orphal Colleye. Chez les poissons-clowns, le couple peut perdurer plusieurs années. Aussi le mâle n'a-t-il plus vraiment besoin de séduire la femelle.» ■

## Monsieur prépare le berceau

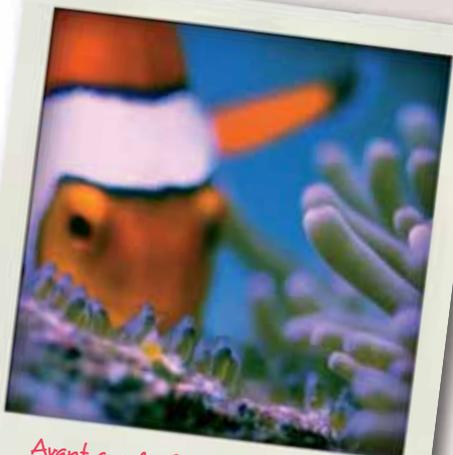
Que se passe-t-il chez les poissons-clowns dans les jours précédant la période de ponte des œufs ? Comme les éthologistes l'ont établi, le mâle choisit un site sur une roche proche de l'anémone 6 ou 7 jours avant la ponte. Il nettoie ensuite ce morceau de roche de tous les éléments indésirables (algues, débris...) dans le but d'en faire une surface (un «substrat», disent les éthologistes) adéquate pour accueillir les œufs. Bref, il prépare le nid. Plus le moment de la ponte approche - on voit l'abdomen de la femelle se dilater

progressivement -, plus il met du cœur à l'ouvrage. Quelques heures avant la ponte, la femelle le rejoint et l'aide dans sa tâche. Le moment venu, elle nage lentement en zigzag et, tout en frottant son abdomen sur le substrat, y dépose les œufs au moyen de son ovipositeur

conique. Le mâle la suit de près et fertilise les œufs. «Mais tout cela en silence», insiste Orphal Colleye.

Contrairement aux œufs «pélagiques», qui gagnent directement l'océan après avoir été pondus, les œufs des poissons-clowns sont dits «démersaux»: ils se développent sur le substrat, où ils éclosent. Les larves partent ensuite vers le large loin de leurs géniteurs. Lorsqu'elles approchent du stade juvénile, elles reviennent dans le lagon. Il est alors impératif qu'elles trouvent une anémone de mer pour se prémunir contre la prédation. Comment la localise-t-elle ? «La question est encore étudiée, dit Orphal Colleye. Le signal est-il chimique, acoustique, visuel ? Une explication possible est que, lors de leur développement, les œufs se soient imprégnés de la signature chimique que constituent les phéromones libérées par les anémones, ce qui aideraient les poissons devenus juvéniles à les recoloniser.»

Mais encore faut-il que l'«hôtel» ne soit pas complet. De sorte que, alliée à la prédation, la compétition intra-spécifique se traduit par un taux de mortalité très élevé chez ces jeunes poissons.



Avant que la femelle ne dépose ses œufs, c'est le mâle qui prépare la "table d'accouchement" !



Texte : Jean-Michel DEBRY • [j.m.debry@skynet.be](mailto:j.m.debry@skynet.be)

Photos : Redgannet 2010 (p.29), BELGA/AFP (p.29)

*Dans la hotte du Père Noël: des tatouages et les petits «cadeaux» qu'ils peuvent parfois laisser à leur hôte; une lutte diurne vs nocturne où tout est une question de poids; des indices sur l'origine des langues ou la couleur des libellules; un nouveau petit singe doré comme une boule de Noël et un Prix Nobel de médecine japonais plus que prometteur pour la régénération des cellules... Joyeuses fêtes !*

26

## Le tatouage : tout un art mais pas que !

Le tatouage peut s'avérer agressif pour la peau et des rougeurs peuvent apparaître suite à l'injection d'encre. C'est réactionnel, finalement compréhensible, mais ne dure en général qu'un temps. Sauf qu'aux États-Unis, on a récemment découvert qu'un nombre croissant de tatoués développaient, après un temps qui correspond à celui d'une incubation bactérienne, des papules rouges à l'endroit du dessin. L'hygiène n'était donc pas respectée par les tatoueurs ? Apparemment si, comme elle doit l'être aussi chez nous d'ailleurs. Les «officines» de tatouages font l'objet de contrôles stricts et l'hygiène doit être l'image de marque d'un tatoueur. D'autant qu'on sait qu'en la matière, c'est le premier pas qui coûte. La récurrence est souvent la règle et certains en font tout simplement une addiction.

Si ce n'est pas le tatoueur qui est en cause dans les infections évoquées, c'est donc que la source est ailleurs.

Elle vient d'être identifiée: elle tient à certains des pigments utilisés; on a en effet retrouvé des mycobactéries dans des flacons de poudre d'encre non encore ouverts. Il n'y a pas malveillance; simplement un des éléments de la composition de ces produits s'est retrouvé contaminé ou n'a pas été contrôlé pour ça. Résultat: des clients porteurs de tatouages rehaussés d'un rouge malvenu, désagréable et dont l'éradication n'est pas simple. Les mycobactéries doivent d'abord être identifiées et leur disparition n'est pas immédiate.

Autant donc le savoir. Les artisans tatoueurs connaissent sans doute l'origine des produits utilisés; mais on sait aussi qu'Internet permet bien des choses et que les États-Unis, l'Asie ou autres régions productrices sont à portée de clic. On connaît aussi l'importance du marché, en pleine augmentation. S'ils étaient - déjà - 14% en 2008, les Américains tatoués seraient 21% aujourd'hui, ce qui

représente plus d'une personne sur cinq et une augmentation de 50% en moins de quatre ans. Autant dès lors, prendre toute précaution pour ne pas provoquer une épidémie ! ■

► *New England Journal of Medicine* 2012; 367(11): 985-987



## L'obésité : de nuit plus que de jour ?

**S**ouple et adaptable, l'être humain reste fondamentalement diurne. Son système de régulation à cet égard est complexe et a des bases génétiques, endocriniennes et globalement, métaboliques. Cela l'empêche-t-il de vivre la nuit, par goût ou contraint pour des raisons professionnelles ? Évidemment non. Toutefois, ce rythme inversé n'est pas sans répercussion physiologique, notamment en matière de régulation alimentaire.

La rythmicité diurne des repas est régulée par un ensemble de dispositifs dont la coordination est bien entendu cérébrale, située dans l'hypothalamus, une structure intégrée dans le plancher du cerveau. Les composants périphériques se retrouvent quant à eux un peu partout, mais principalement dans des organes associés à la digestion (foie, pancréas, tissu adipeux) et à la vue (rétine). Pourquoi la vue ? Parce que c'est elle bien entendu qui renseigne principalement l'organisme sur l'alternance jour/nuit. Cela n'empêche évidemment pas de s'alimenter autrement qu'à heure fixe, mais, globalement, c'est le jour qu'on mange.

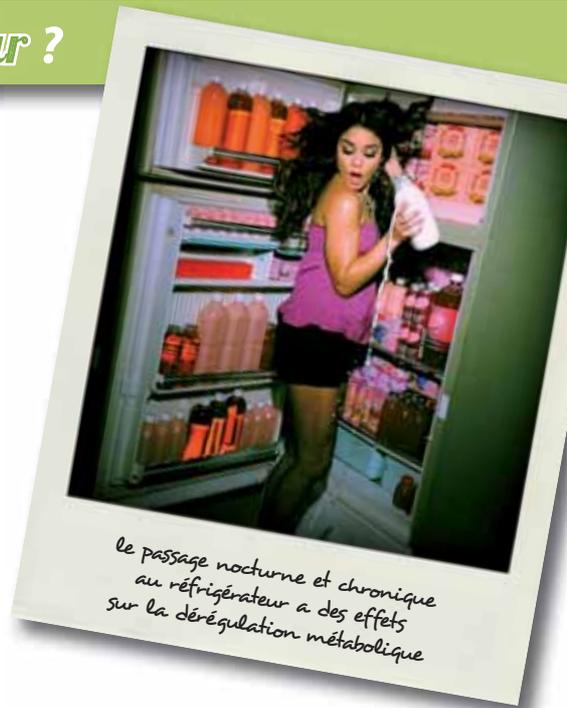
Qu'en est-il dès lors de ceux qui travaillent de nuit ou qui franchissent allègrement les méridiens sur de longues distances ? La réponse est claire: ils perturbent leur système de régulation. Celui-ci est coordonné par des molécules qualifiées de «protéines d'horloge» appelées CLOCK et BMAL1, CRY et PER ou ROR et REVERB, toutes codées par des gènes désignés par les mêmes acronymes. Les deux premières citées sont activatrices du cycle «normal»; les deux suivantes sont inhibitrices; quant aux deux dernières, elles aident au renforcement de l'option prise par l'organisme. Jusque-là, rien d'étrange: on sait que notre physiologie a évolutivement développé de nombreux systèmes de contrôle qui permettent d'apporter une régulation à des anomalies de fonctionnement.

Des études ont récemment été réalisées à ce propos chez la souris et ne manquent pas d'intérêt. On a inhibé ou au contraire, surexprimé chez elles l'un ou l'autre de ces gènes; des situations qui reflètent ce qui pourrait arriver en cas de mutation, mais aussi en cas de dérég-

ulation pour cause de rythme jour/nuit inversé. Et que constate-t-on ? Que les dysfonctionnements de certains de ces gènes induisent une hyperphagie, de la dyslipidémie, de l'hyperglycémie et une stéatose hépatique; bref, un tableau qui n'a rien de vraiment folichon et qui, forcément, mène à l'obésité.

La connaissance de ce fonctionnement régulateur multiple - qui déborde le cadre de cette courte évocation - a fait naître le néologisme de «chronobésité» et une attention soutenue vis-à-vis de celles et ceux qui travaillent la nuit. Le sait-on ? Un travailleur sur cinq est concerné par le travail en horaire décalé. Est-il pour autant à risque d'altération métabolique incluant les désordres évoqués ci-dessus ? Ce n'est pas (encore) sûr, mais d'aucuns - dans les pays scandinaves notamment - n'hésitent pas à élever la surcharge pondérale au rang des maladies professionnelles chez les travailleurs de nuit.

Reste à chacun, s'il est concerné, à identifier son propre facteur de risque et à contrôler son apport alimentaire; à



*Le passage nocturne et chronique au réfrigérateur a des effets sur la dérégulation métabolique*

maintenir, comme disent les médecins, son homéostasie énergétique. Savoir qu'un risque existe constitue une première étape. La suite appartient donc à chacun. Jusqu'à preuve du contraire, bien entendu. ■

► *Médecine/sciences* 28(8-9): 687-689 et 689-692.

### BIOZOOM



**D***rosophyllum lusitanicum* est une plante carnivore dont le feuillage est couvert de glandes à mucilage collant en formes de gouttelettes rouges. Cette *Drosera*, la seule espèce du genre, est présente au Portugal, dans le sud de l'Espagne ou au Maroc, dans un climat tempéré, semi-humide. Appelée aussi «Pin à rosée du Portugal», elle peut mesurer de 30 à 60 cm de haut et s'adapter à la taille d'éventuelles concurrentes. Très visible grâce au reflets du Soleil, elle attire ainsi de nombreuses proies pouvant venir de loin, la faune étant relativement pauvre.

## Pourquoi joue-t-on au football par équipes de 11 joueurs ?

Le simple fait que le mot qui désigne ce sport soit anglais laisse imaginer que ces insulaires-qui-ne-savent-pas-faire-comme-tout-le-monde ont fait exprès de choisir un nombre qui n'est pas rond, n'est pas divisible, etc. Il y a peut-être de ça, mais la réalité est tout de même un peu plus compliquée.

Les origines du football se perdent dans la nuit des temps et ce sport - qui n'en était pas un à l'origine - s'est joué d'une infinité de façons avec toutes sortes de «ballons»: des dépouilles d'animaux parfois, sinon pire... Dans l'Europe médiévale, les développements ont donné lieu à la soule, qui a aussi évolué en rugby. Il s'agissait à l'époque d'une confrontation entre deux clans qui dégénérait souvent en bataille rangée. Puis les règles se sont assagies. En Angleterre, on a voulu profiter de cette activité pour développer l'esprit d'équipe, en particulier dans les collèges où les élèves étaient essentiellement des pensionnaires. Or, les dortoirs comptaient 10 occupants: le nombre d'équipiers allait donc de soi. Puis, évolution aidant, on a décidé de mettre quelqu'un dans les filets pour limiter le nombre de buts; une place peu enviable qui n'a pu être occupée que par les surveillants des dortoirs. Le nombre de 11 était atteint. Il n'a plus changé depuis... ■



## De l'origine des langues

La richesse culturelle passe, dit-on, par le maintien de la langue. Cela vaut au niveau local ou régional, mais commence à poser des problèmes dès que des humains d'origines différentes souhaitent communiquer. Ce n'est pas nouveau et l'antique Babel faisait déjà aveu de cette complexité de relation par le langage. On estime à l'heure actuelle à plus de 400 le nombre de «langues» parlées dans le monde, même si certaines ne le sont plus que par des groupes réduits, en marge d'une langue officielle. C'est ce qui a mené à leur perte un certain nombre de patois et dialectes locaux.

Le seul territoire eurasiatique rendrait compte à lui seul de 103 de ces langages distincts. Ce constat repose déjà sur une solide évaluation. Mais ce qui intéresse une partie des spécialistes, c'est de savoir d'où est partie la langue originelle (pré-Babélique, en quelque sorte) et comment elle a progressivement gagné l'ensemble du territoire; comment, aussi, elle s'est petit à petit singularisée pour localement, mener à l'éclosion de langues nouvelles.

Afin d'apporter un élément au moins de réponse, des chercheurs se sont récemment servis d'un logiciel créé pour étudier l'origine de la dissémination de virus à diffusion pan-continentale. Ils y ont intégré un certain nombre de données significatives parmi lesquelles les proximités de vocabulaire, les sonorités et la grammaire. Ils ont bien entendu tenu compte d'événements historiques, comme la migration vers l'ouest de peuplades

issues de l'Asie centrale (entre les mers Caspienne et Noire) ou la diffusion de l'agriculture et de l'élevage, depuis l'Anatolie (Turquie actuelle) qui en est le berceau. L'intention première était précisément d'identifier de laquelle de ces deux voies principales de diffusion, l'évolution des langages était essentiellement tributaire.

Le recoupement des critères pris en considération a permis de donner préférence à cette seconde voie: c'est la diffusion progressive, sur l'ensemble du territoire continental, des pratiques agricoles qui aurait été le vecteur principal. Cela reste bien entendu une hypothèse «plus probable», notamment parce que les critères pris en considération ne sont pas exhaustifs et qu'il y a forcément des *a priori* et des appréciations subjectives. Au fil des siècles, certaines «invasions» plus massives que d'autres ont pu marquer d'un sceau plus durable l'évolution de langues. À cet égard, le latin a laissé une trace incontestable. C'est peut-être aussi le cas du normand apporté par les envahisseurs du grand nord. Bref, l'étude évoquée nous donnerait plutôt des accents turcs ou anatoliens; ou en tout cas, à la langue des Celtes gaulois qui sont nos ancêtres. Mais - cela concerne les habitants du sud du pays au moins - on a ensuite plutôt donné du crédit au latin des envahisseurs péninsulaires arrivés il y a un peu plus de 2 000 ans. Depuis, les choses se sont un peu arrangées partout en Eurasie. Partout... sauf en Belgique où subsiste aujourd'hui encore le petit côté «Babel» que l'on sait... ■

► Science 2012; 337: 902 et 957-960



## Quand le mâle est réduit

**D**ans le règne animal, c'est le mâle le plus souvent qui est le plus lumineux, le plus visible, le plus coloré. Le processus a des accents reproducteurs et évolutifs. On sait aussi que dans notre espèce, la femme tend à inverser la tendance, mais en usant cette fois de quelques artifices.

Cet aspect du dimorphisme sexuel trouve souvent son origine dans une balance sexe-spécifique de quelques hormones, mais pas toujours. On peut prendre à cet égard l'exemple des libellules des genres *Crocothemis* et *Sympetrum*. Si les femelles et les juvéniles des deux sexes ont une livrée jaune assez discrète, les mâles s'offrent en revanche

une coloration du plus beau rouge.

L'origine de la différence a obligatoirement son siège dans le tégument externe où se trouve le pigment; et c'est ce tégument qui a récemment fait l'objet d'études plus poussées pour identifier l'origine de la différence notée entre les adultes des deux sexes. Et on l'a identifiée. Elle est bêtement... chimique. Quand le pigment est oxydé, il est jaune; quand il est réduit, il devient rouge; le phénomène étant reproductible *in vitro* à l'occasion de tests tout simples. *A contrario*, le simple fait de traiter des jeunes et des femelles



avec un agent réducteur suffit à les faire rougir. L'apparente visibilité du mâle ne tient donc qu'à bien peu de choses. Après tout, ce grand frustré ne rougirait-il pas tout simplement de se voir... réduit ? Allez savoir... ■

► *Science* 2012; 337: 624

## Un nouveau singe

**S**i on crie à la disparition d'espèces sur notre Terre en proie à la monoculture et à la déforestation (en particulier), on oublie de dire que dans le même temps, on en découvre de nouvelles. Il s'agit souvent d'espèces végétales, identifiées dans des forêts équatoriales à l'occasion d'inventaires à caractère exhaustif. On identifie aussi, avec une belle régularité, de nouvelles espèces d'insectes et d'araignées dont il se dit qu'on n'en est encore qu'à un début.

Mais identifier de nouvelles espèces de mammifères, de singes en particulier, est un événement nettement plus rare. Or, c'est ce qui vient précisément d'arriver. Il s'agit d'un animal plutôt petit, doté de poils à reflets dorés qui a été identifié dans la région de la rivière Lomami, en République démocratique du Congo. On lui a donné le doux nom de *Cercoptes lomamiensis* ou plus simplement, *lesula*. C'est pour tout dire une espèce qui en rappelle étroitement d'autres assez proches. Ce sont des études morphologiques, comportementales et génétiques qui ont permis de l'identifier comme espèce à part entière. Rien que de bien commun, serait-on tenté de dire; mais il ne faut pas boudier son plaisir: voilà une nouvelle espèce de singe. La précédente avait été identifiée il y a... 28 ans. L'événement est donc suffisamment rare pour qu'on pense à le saluer !

► *Nature* 2012 ; 489 : 340

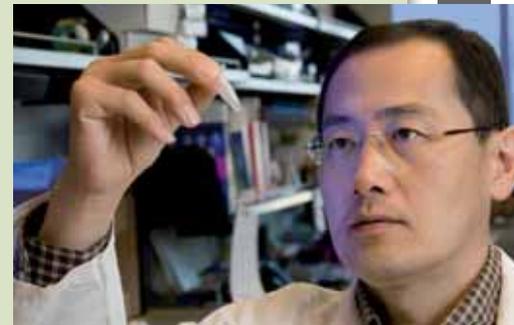


## Prix Nobel et thyroïde

**L'**attribution récente du prix Nobel de médecine au japonais Shinya Yamanaka a rappelé qu'il est désormais possible de (ré)générer tout type de cellule. Potentiellement, en tout cas. Et on doit à ce chercheur et à toute son équipe l'idée maîtresse qui permet d'y arriver. C'est simple dans son principe, sans doute nettement moins dans la pratique. Il faut d'abord identifier au sein de cellules embryonnaires quels sont les gènes qui y sont préférentiellement transcrits. Ces gènes sont nombreux, ce qui impose un tri. Il faut isoler les élus, puis en insérer des copies dans le noyau de cellules tout à fait différenciées pour voir ce qui se produit. La sélection opérée par Yamanaka et ses collègues a porté sur Oct3/4, Sox2, c-Myc et Klf4. Ils les ont clonés dans des cellules cutanées... et, en 2006, le miracle s'est produit: les cellules traitées de la sorte ont régressé jusqu'à un stade «juvénile», celui qui correspond à la pluripotence des cellules embryonnaires et qui rend donc potentiellement toute «re-différenciation» de cellule possible.

L'écueil de l'accès interdit aux cellules humaines embryonnaires est donc contourné. Les risques de tératocarcinome en cas d'utilisation aussi. Désormais, on va pouvoir tout régénérer, tout réparer, grâce à ces ipS, (*induced pluripotent*

*cells*), les cellules souches-induites-à-tout-faire. Prélevées sur la personne à traiter elle-même. De façon atraumatique, sans risque de rejet et quand on veut...



La méthode a tout de même dû être améliorée, mais elle a donné des idées à de nombreuses équipes confrontées à des pathologies diverses à traiter. C'est notamment le cas de chercheurs de l'ULB qui ont récemment réussi, chez la souris, à produire des cellules thyroïdiennes à partir de cellules souches. Il y a certes encore du chemin à parcourir entre les souris et l'homme, entre des cellules maîtrisées en culture et celles qu'on peut prélever sur un patient à soigner. Mais la recherche est en route. Elle demandera du temps encore, il faut le savoir. Mais les déficiences diverses, comme celles de la thyroïde évoquée, n'ont plus qu'à bien se tenir ! ■

# Cancer

## Le double-jeu de l'oxygène

**Si l'oxygène est nécessaire à la croissance des tumeurs cancéreuses, il est aussi un facteur clé de la réponse aux traitements cytotoxiques, dont en particulier la radiothérapie. Le Laboratoire de résonance magnétique biomédicale de l'Université catholique de Louvain vient de mettre au point une technique non invasive et peu coûteuse permettant de cartographier les régions hypoxiques (mal oxygénées) des tumeurs. Une application en clinique humaine est envisageable à court terme**

30

Texte: **Philippe LAMBERT** • [ph.lambert.ph@skynet.be](mailto:ph.lambert.ph@skynet.be)

Photos: **SCIENCE** (p.30), **Ph. LAMBERT** (p.31), **UCL** (p.32), **Ph. LAMBERT** (p.33)

**L**a croissance d'une tumeur cancéreuse au-delà de quelques millimètres cubes serait impossible si des vaisseaux sanguins nouvellement formés ne lui apportaient l'oxygène et les éléments nutritifs nécessaires à son développement. La formation de ces néovaisseaux est au cœur du phénomène dit d'angiogenèse tumorale.

Dans un premier temps, une tumeur maligne grandit sans angiogenèse. Au stade précoce, en effet, elle peut se contenter des éléments nutritifs et de l'oxygène diffusant directement à partir des vaisseaux voisins. Bientôt cependant, cette diffusion devient insuffisante, de sorte que des zones d'hypoxie (manque

d'oxygène) apparaissent en son sein. Que font alors les cellules cancéreuses pour contourner l'écueil ? Elles induisent l'expression et la sécrétion de facteurs pro-angiogéniques qui stimulent l'apparition de nouveaux vaisseaux. Le plus connu et le plus étudié, car potentiellement le plus « efficace », est le *vascular endothelial growth factor (VEGF)* (1).

Annihiler l'action du VEGF afin d'« étouffer » la tumeur paraît donc une stratégie pertinente. Et, de fait, elle se révèle d'une remarquable efficacité dans tous les modèles de tumeurs induites chez la souris. Chez l'homme, par contre, les résultats sont beaucoup plus mitigés. Autorisé en médecine humaine en 2004 par la *Food and Drug Administra-*

*tion (FDA)*, le bevacizumab (Avastin®), premier anticorps anti-angiogénique, ne semble pas avoir d'avenir en monothérapie. Les bénéfices qu'il procure sont mineurs par rapport aux espoirs de départ. Plusieurs autres molécules anti-angiogéniques sont toutefois en cours d'étude.

### Normalisation vasculaire

Les vaisseaux nouvellement formés au sein des tumeurs sont tortueux, moins fonctionnels - en un mot, anormaux. C'est ici que la situation se révèle para-

doxale. Alors que le but final de la thérapie anti-angiogénique est de priver la tumeur d'oxygène, on observe que celle-ci est réoxygénée de façon temporaire dans les phases précoces du traitement. On parle de «normalisation de la vascularisation tumorale» ou, plus succinctement, de «normalisation vasculaire».

Comment expliquer le phénomène ? «Initialement, le traitement anti-angiogénique fait disparaître les vaisseaux les plus immatures, ce qui réduit la pression interstitielle dans la tumeur, favorisant ainsi sa perfusion (passage du flux sanguin) et son oxygénation», indique le professeur Bernard Gallez, responsable du Laboratoire de résonance magnétique biomédicale au sein du Louvain Drug Research Institute (LDRI) de l'Université catholique de Louvain (UCL). Chez l'animal, la normalisation vasculaire s'étend sur quelques jours. En revanche, la question de sa durée reste ouverte chez l'homme. Pourquoi ? Parce que jusqu'à présent, on ne disposait pas de technologies non invasives, donc éthiquement acceptables, permettant d'appréhender le phénomène.

Dans une tumeur à évolution spontanée, non seulement les néovaisseaux sont peu fonctionnels mais l'intense activité métabolique de la masse cellulaire en développement consomme de surcroît une large part de l'oxygène disponible. Aussi, malgré l'angiogénèse, les tissus tumoraux n'atteignent-ils que des valeurs de pression en oxygène de l'ordre de 10, voire 5 mm de mercure, alors que cette valeur est de 30-40 mm de mercure dans les tissus sains. Malheureusement, cette faible mise à disposition d'oxygène suffit à la survie des cellules malignes.

Cela étant, il est établi que l'oxygène représente un facteur clé de la réponse aux traitements cytotoxiques, dont en particulier la radiothérapie. Or quelque 60% des patients souffrant d'un cancer recevront des rayons, soit en monothérapie, soit en combinaison avec d'autres

traitements - chirurgie, chimiothérapie. «Les recherches in vitro, les expériences in vivo chez l'animal et les études effectuées chez l'homme grâce à des méthodes invasives utilisant des électrodes placées dans des tumeurs superficielles dévoilent la même réalité: une tumeur faiblement oxygénée répond moins bien à la radiothérapie qu'une tumeur mieux oxygénée, les cellules mal oxygénées devenant radio-résistantes, c'est-à-dire résistantes aux rayons», précise Bernard Gallez.

Les chiffres émanant d'études au cours desquelles des cohortes de patients ont été suivies durant plusieurs années livrent une vérité éloquent: la mortalité à l'horizon de 5 ans est supérieure de 15% environ chez les patients souffrant de tumeurs plus hypoxiques. En outre, il a été bien documenté que de telles tumeurs favorisent non seulement l'angiogénèse mais aussi la dissémination métastatique.

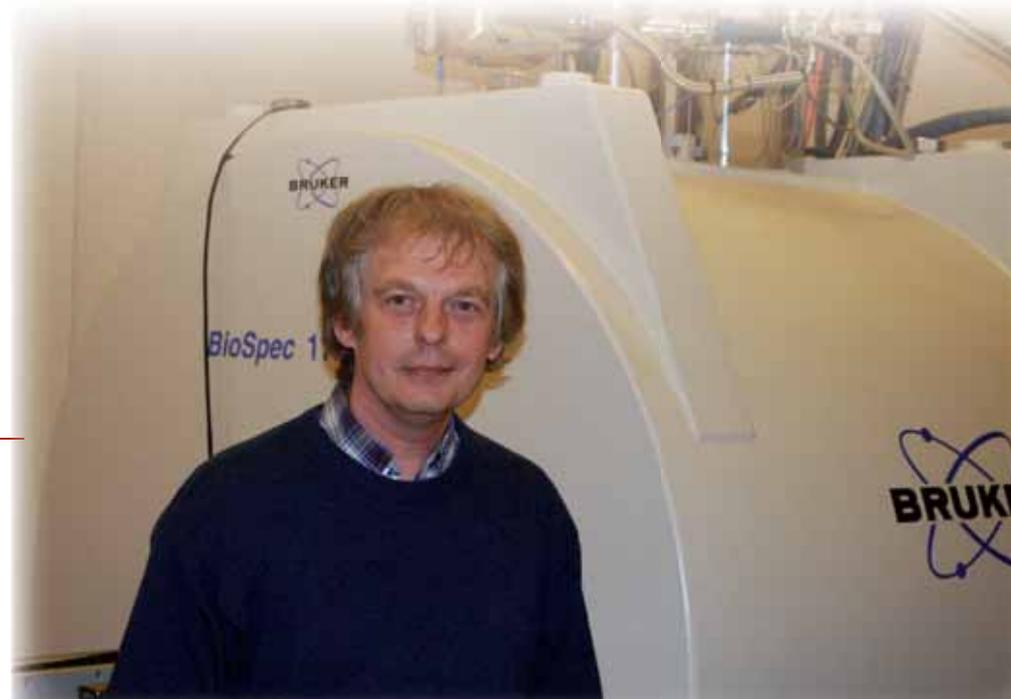
## Cartographier l'oxygénation

Par essence, les tumeurs cancéreuses sont hétérogènes, même s'il existe de rares cas, dans les modèles animaux, où elles sont globalement bien oxygénées ou, au contraire, extrêmement hypoxiques et partant, très radio-résistantes. Dans la grande majorité des tumeurs en développement (surtout chez l'être humain), des zones d'hypoxie cohabitent avec des zones où l'oxygénation est relativement normale. Dès lors, si

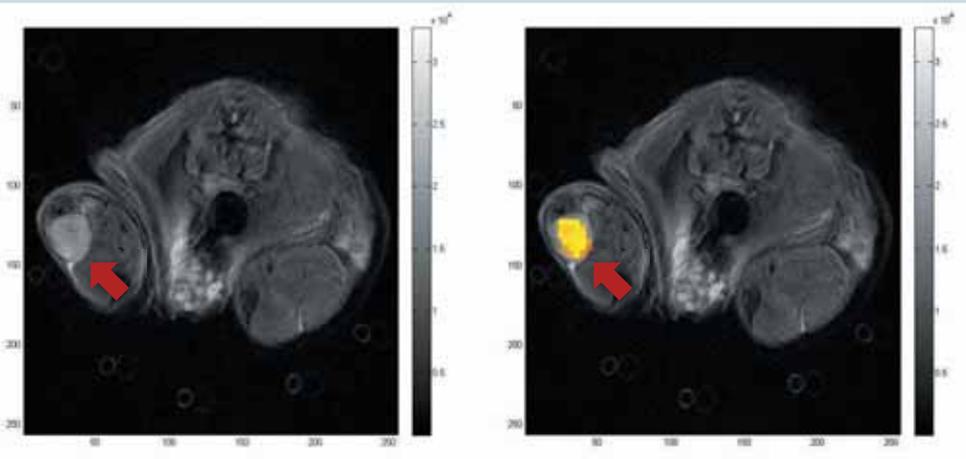
l'on ambitionne d'augmenter la réponse à la radiothérapie en incluant le concept d'oxygénation tumorale dans les protocoles thérapeutiques, encore faut-il être capable de dresser une cartographie de celle-ci.

À ce jour, les biomarqueurs qui permettraient de mener cette tâche à bien sont inexploitable dans la pratique clinique courante. Ils s'appuient tantôt sur des microélectrodes implantées dans la masse tumorale, tantôt sur la tomographie par émission de positons (PET scan) utilisant des nitroimidazoles fluorés, tel le fluor-18, comme traceurs de l'hypoxie. La première technique est invasive, et si elle a été utile pour permettre de démontrer la pertinence des théories relatives à l'oxygénation et à l'hypoxie des tumeurs, elle ne peut faire l'objet d'un usage répété chez les patients. «Elle n'est d'ailleurs plus commercialisée», souligne le professeur Gallez. Quant au PET scan recourant aux nitroimidazoles fluorés, actuellement en test chez l'homme, il présente plusieurs inconvénients. D'une part, la mise en œuvre de sources radioactives lui confère une toxicité potentielle et interdit son emploi répété chez un même patient. D'autre part, son coût est non négligeable.

Dans ces conditions, disposer d'une méthode alternative non invasive, sûre, peu coûteuse et dont un même patient pourrait bénéficier à plusieurs reprises si nécessaire constituerait une évidente plus-value. Ce «Graal», les chercheurs du Laboratoire de résonance magnétique biomédicale sont en passe de le trouver. Du moins les résultats des travaux qu'ils



Le professeur Bernard Gallez devant l'IRM de 11,7 Tesla qui lui a permis de mettre au point une technique non invasive visant à cartographier l'oxygénation des tumeurs.



Images de tumeur chez le petit animal (indiquées par la flèche):

À gauche, image anatomique.

À droite, image de l'oxygénation tumorale obtenue par la séquence «MOBILE»

mènent sur le sujet le laissent-ils augurer. Raison pour laquelle leurs études ont été couronnées cet automne par le prix de la Fondation Fournier-Majoie (190 000 euros). «Ce support financier va nous aider à passer d'une technologie innovante, établie au stade du laboratoire, à l'objectif ultime: son usage concret dans le traitement du cancer», dit Bernard Gallez.

32

## Une technique originale

La technique élaborée à l'UCL repose sur l'imagerie par résonance magnétique (IRM). Pour établir le contraste au sein des images, et donc permettre la discrimination entre certains tissus, cette technologie fait appel à un paramètre clé: les temps de relaxation, qui traduisent le temps nécessaire aux spins (2) des atomes d'hydrogène préalablement excités par l'onde de radiofréquence pour recouvrer leur état d'équilibre initial.

En général, le «matériau» sur lequel se fondent les examens en IRM n'est autre que la composante majeure des tissus: l'eau. Technique très prisée dans le domaine des neurosciences, l'imagerie par résonance magnétique fonctionnelle (IRMf), par exemple, s'appuie essentiellement sur la mesure des changements s'opérant au niveau de certaines propriétés magnétiques de l'hémoglobine au sein des vaisseaux capillaires artériels ou veineux des régions cérébrales activées (signal BOLD - Blood Oxygenation Level Dependent). Dans ces régions, l'afflux de sang et d'oxygène qu'il transporte dépasse transitoirement les besoins énergétiques locaux. Par consé-

quent, on assiste à une arrivée massive d'oxyhémoglobine, combinaison de l'hémoglobine et de l'oxygène, et par là même, à une diminution relative de la déoxy-hémoglobine (3). Paramagnétique, cette dernière réduit le signal IRM. Aussi, dans les régions activées, la baisse de concentration de cette déoxyhémoglobine entraîne-t-elle une augmentation du signal. On détermine ainsi les régions cérébrales particulièrement sollicitées dans un contexte déterminé - effectuer une tâche motrice ou de mémoire, par exemple.

Dans le territoire vasculaire, une modification de l'oxygénation se traduit, comme nous venons de le voir, par un changement de la proportion relative d'oxyhémoglobine et de déoxyhémoglobine. Mais cette approche manque de sensibilité pour mesurer l'oxygénation des tissus. D'où l'idée du professeur Gallez de se focaliser sur les propriétés magnétiques de leur composante lipidique (graisse), et non plus sur celles de l'eau qu'ils contiennent. «Comme l'oxygène est beaucoup plus soluble dans les lipides que dans l'eau, le nombre de molécules d'oxygène dissoutes est beaucoup plus important dans les lipides que dans l'eau», rappelle-t-il. C'est cette propriété que son équipe a mise à profit pour obtenir une nouvelle source de contraste, plus performante.

Centrée sur les temps de relaxation T1 (4) des atomes d'hydrogène au sein des lipides, la technologie ainsi développée s'appelle MOBILE (Mapping of Oxygen By Imaging Lipids relaxation Enhancement) et a fait l'objet d'un dépôt de brevet au niveau européen, puis à l'échelon international. Elle peut potentiellement être introduite rapidement en oncologie humaine comme

un outil unique à même de guider les radiothérapies et les traitements ciblant la vascularisation tumorale (molécules anti-angiogéniques).

## Implémentation clinique ?

Au départ, la pertinence de la méthode MOBILE a été démontrée *in vitro* dans des homogénats tissulaires (5) plus ou moins oxygénés. Ensuite, *in vivo* chez l'animal, à travers des tumeurs expérimentales dont les chercheurs faisaient varier le taux d'oxygénation. Le but était de déterminer s'il y avait une corrélation significative entre la quantification de l'oxygénation tumorale par des méthodes invasives et les résultats obtenus en IRM. Ce fut le cas. «En outre, avec une équipe de la Katholieke Universiteit Leuven, nous avons confirmé, chez l'animal, le bien-fondé de la méthode dans le cadre d'accidents vasculaires cérébraux et, avec le groupe Nutrition et métabolisme de l'UCL, dans le cadre d'ischémies périphériques inhérentes à certains modèles de diabète», rapporte Bernard Gallez.

Les expériences *in vitro* et sur les modèles animaux furent réalisées au moyen d'une IRM très puissante - 11,7 Tesla (6). La méthode MOBILE était-elle transposable en médecine humaine ? Pour le prouver, l'équipe du Laboratoire de résonance magnétique biomédicale l'appliqua chez des volontaires sains en recourant à un appareillage IRM classique (3 Tesla) du service d'imagerie médicale de l'hôpital Saint-Luc, à Bruxelles. L'expérience consistait à mettre en évidence la variation de l'oxygénation cérébrale lorsque des sujets respiraient de l'oxygène pur. Le résultat fut concluant.

Il reste aux scientifiques à franchir les étapes qui conduisent de la conception d'une technique innovante à son utilisation courante en oncologie. Pour l'heure, le groupe de Bernard Gallez a plusieurs fers au feu. Tout d'abord, un travail

d'optimisation. En effet, les physiciens de l'équipe ont pour double objectif de réduire le temps d'acquisition des données et d'obtenir le meilleur signal IRM possible. «*Nous savons, par exemple, que certaines tumeurs ne sont pas faciles à appréhender en IRM, notamment celles qui siègent dans des organes difficiles à immobiliser, telle la langue, dit notre interlocuteur. Optimisée, la technique MOBILE pourra-t-elle contourner cet écueil ? Nous étudions la question.*» Au stade pré-clinique, les chercheurs s'efforceront également d'évaluer, entre autres, la valeur de la méthode en tant que biomarqueur prédictif de la réponse à la radiothérapie. Pour ce faire, ils prévoient de se pencher sur une dizaine de modèles de tumeurs expérimentales chez l'animal.

Parallèlement sera entreprise une étude de l'applicabilité, chez l'homme, de la technologie MOBILE dans des tumeurs «tête et cou» et des tumeurs cérébrales. Pour les volontaires concernés, cela signifie une prolongation d'environ 4 minutes de l'examen IRM standard (20 à 30 minutes) auquel ils sont généralement invités à se plier dans le cadre de la prise en charge de leur maladie; 4 minutes pour obtenir, on l'espère, une cartographie de l'oxygénation de leur tumeur. Les données fournies par l'IRM seront comparées à celles recueillies via d'autres marqueurs de l'hypoxie tumorale, dont en particulier les résultats d'études en PET scan au fluor-18. De même, des tumeurs résecables seront analysées, car elles recèlent des marqueurs endogènes de l'hypoxie, ce qui autorisera à nouveau le jeu des comparaisons. Il est également prévu de faire respirer du

carbogène (95% d'oxygène, 5% de dioxyde de carbone) à des patients, le but étant de mettre en évidence, au niveau individuel, une éventuelle réoxygénation de leur tumeur. «*Si les résultats de l'ensemble de ces travaux vont dans le sens escompté, une implémentation de la technique MOBILE en clinique humaine est envisageable dans 2 ou 3 ans*», estime le professeur Gallez.

## Fenêtres temporelles

Identifier les régions hypoxiques de la tumeur dont souffre un patient ouvrirait probablement la voie à une prise en charge individualisée et de ce fait, plus performante. Ainsi, lors d'une radiothérapie, une option serait de procéder à une escalade des doses de rayonnement dans les zones hypoxiques de la tumeur. Les techniques modernes de radiothérapie, telle l'*Intensity Modulated Radiation Therapy (IMRT)*, permettent cette modulation d'intensité de l'irradiation en misant sur la méthode des «feux croisés» et en épargnant de la sorte, autant que faire se peut, les tissus sains avoisinants.

Une autre stratégie consisterait à favoriser la réoxygénation transitoire des régions hypoxiques au moment de l'irradiation. «*Pour ce faire, on pourrait soit délivrer des traitements qui inhibent la consommation d'oxygène des cellules tumorales, soit augmenter la perfusion, comme dans la phase initiale des thérapies anti-angiogéniques (phase de "normalisation vasculaire")*», soit encore

oxygéner directement la tumeur en faisant respirer du carbogène au patient», souligne Bernard Gallez.

La cartographie de l'hypoxie tumorale peut se modifier au fil du temps. D'où l'intérêt de pouvoir disposer d'une méthode non invasive peu coûteuse permettant de la redessiner périodiquement. Qu'il existe des phases de réoxygénation durant un traitement par radiothérapie a été bien étayé. D'une part, la destruction de cellules réduit la consommation globale d'oxygène au niveau tumoral; d'autre part, des phénomènes de reperfusion ont été mis en lumière, du moins dans les modèles animaux. Par ailleurs, comme le précise Bernard Gallez, l'association fréquente de traitements médicamenteux avec la radiothérapie pourrait influencer sur l'oxygénation de la tumeur.

Dans ces conditions, tout semble plaider en faveur d'un fractionnement accru de la radiothérapie. Mais encore faut-il être en mesure de choisir, chez chaque patient, les fenêtres temporelles les plus appropriées (et les seules vraiment efficaces) pour l'irradiation. C'est ici, notamment, que la technique MOBILE pourrait se révéler d'un apport essentiel. ■

- (1) Le bFGF (basic fibroblast growth factor) et le PDGF (platelet-derived growth factor) sont les autres facteurs angiogéniques connus.
- (2) Le spin est en quelque sorte une version quantique du mouvement de rotation sur soi, c'est-à-dire une mesure quantique de la vitesse avec laquelle une particule tourne sur elle-même, à la façon d'une toupie.
- (3) Forme d'hémoglobine qui ne fixe pas l'oxygène.
- (4) On distingue plusieurs types de temps de relaxation
- (5) Préparation homogène d'un tissu à observer.
- (6) Tesla (T): unité de mesure d'induction et de densité de flux magnétique.



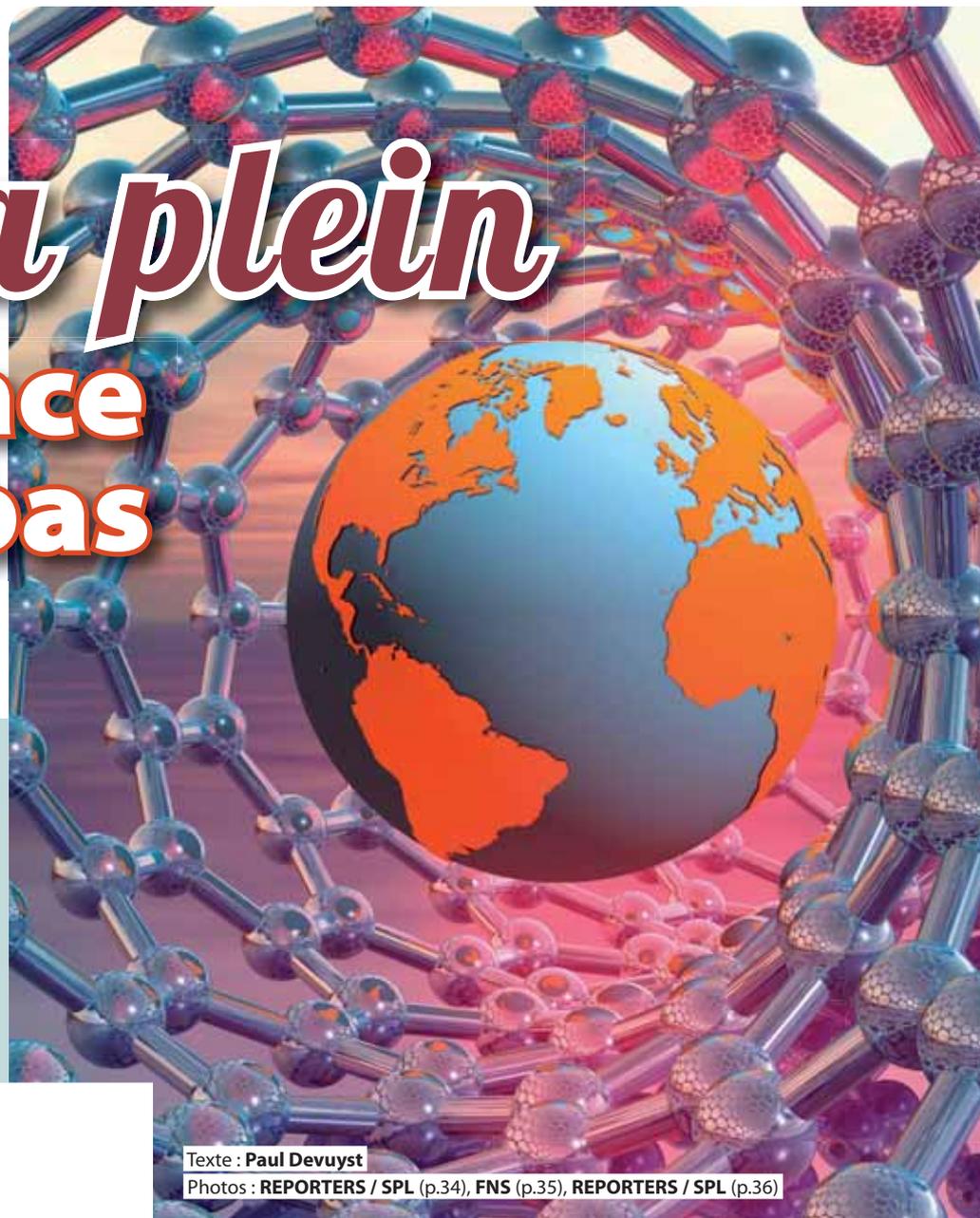
# Il y a plein de place en bas

*C'est avec cette citation, un brin mystérieuse, qu'en 1959, le physicien américain Richard Feynman suggérait à la communauté scientifique mondiale d'explorer l'univers de l'infiniment petit...*

34

L'homme vit avec des nanoparticules depuis qu'il est sur Terre: la fumée des volcans, la poussière des déserts ou les embruns en sont composés. Il les utilise aussi depuis très longtemps sans toujours savoir qu'il s'agit de propriétés particulières des nanoéléments. Ainsi, il y a mille ans déjà, la réputation des épées de Damas provenait du fait que, grâce à leur procédé de fabrication, elles étaient en partie composées de nanoparticules de carbure de fer ( $\text{Fe}_3\text{C}$ ) qui leur procuraient dureté et tranchant.

Autre exemple. Mélanger de la chaux et de l'oxyde de plomb pour en faire une pâte, s'en frotter les cheveux le soir et se peigner le matin est une vieille recette pour teindre les cheveux en noir, déjà mentionnée par Galien (131-201 après J.-C.), le plus célèbre médecin de la Rome antique. En l'appliquant sur des échantillons de cheveux, des chercheurs français (*Laboratoire du Centre de recherche et de restauration des musées de France*)



Texte : Paul Devuyst

Photos : REPORTERS / SPL (p.34), FNS (p.35), REPORTERS / SPL (p.36)

ont observé la formation de minuscules cristaux noirs colorants qui mesureraient en moyenne 5 nanomètres seulement. Ce faisant, ils ont mis en évidence la présence surprenante de nanoréacteurs, ou minuscules réacteurs chimiques, dans nos cheveux. C'est en effet la taille de ces cristaux qui explique l'efficacité de cette vieille recette: s'ils étaient plus gros, une telle minéralisation modifierait la structure du cheveu qui perdrait sa souplesse.

## Le nanomonde

Évoquer les nanotechnologies renvoie à une échelle précise, qui va du milliardième au cent milliardième de mètre, et surtout à des propriétés physiques particulières que la matière peut acquérir lorsqu'elle est structurée en objets

d'aussi petite dimension. On sait depuis plusieurs siècles que le carbone est amorphe ou cristallisé sous la forme de diamant; on découvre qu'il peut aussi, à cette échelle, s'organiser en nanotubes aux propriétés physiques et chimiques nouvelles. Il en est de même pour l'or qui est rouge en particules de 5 nanomètres, vert autour de 50 nanomètres et jaune au-dessus de 100 nanomètres.

On voit ainsi que la nature chimique d'un corps ne suffit plus à le caractériser. Une même substance peut prendre plusieurs formes et ses propriétés intrinsèques varier non seulement avec la taille des particules qui la composent mais aussi avec l'interaction de celles-ci avec leur environnement. Les nanoparticules sont en effet intéressantes pour leurs «effets-surface», d'ailleurs souvent nécessaires pour les fixer (car à l'état pur elles peu-

vent être instables). Il faut donc créer de nouvelles manières de caractériser une même substance, inventer de nouveaux appareils pour les détecter et mettre au point de nouvelles méthodes spécifiques en toxicologie.

Il aura fallu attendre les années 80 et la découverte du microscope à effet tunnel puis celle du microscope à force atomique pour que le nanomonde, entre 1 et 100 nanomètres, s'ouvre vraiment aux chercheurs. Ils pouvaient enfin parfaitement contempler la structure atomique de la matière, les molécules ou l'ADN. Puis, à la fin de cette décennie, grâce à l'extrême précision de leurs outils et notamment des pointes atomiques, les scientifiques sont parvenus à manipuler les atomes un à un. Les nanosciences, que l'on peut définir comme l'étude des propriétés physico-chimiques fondamentales d'objets nanométriques, prenaient alors définitivement leur essor.

Avec des outils de plus en plus efficaces, la conception, la fabrication et la manipulation d'objets, de matériaux et de machines de dimensions nanométriques pouvaient alors démarrer avec pour objectifs d'améliorer les vertus des matériaux actuels, leur légèreté, leur résistance, leur conductivité... mais aussi de créer des matériaux et de minuscules machines entièrement nouveaux.

Un nanomatériau est composé de nano-objets selon un arrangement contrôlé. Avec ces derniers, les chercheurs essaient d'améliorer certaines propriétés des matériaux ou de leur en apporter de nouvelles. Comment procèdent-ils ? Ils ont trois possibilités: en structurant les matériaux en surface avec des nano-objets afin d'obtenir des propriétés déterminées (résistance à l'érosion, catalyse...) ou de nouvelles fonctions (adhérence, esthétique, optique, électronique...), en renforçant les matériaux par des nano-objets incorporés. Ils apportent une nouvelle fonction (optique, thermique) ou modifient des propriétés physiques (renfort, allègement) ou encore en concevant des matériaux en volume avec des nano-objets.

La nouveauté de ce 21<sup>e</sup> siècle réside dans le fait qu'à la suite des travaux de recherche découvrant les propriétés remarquables de ces nanoéléments, l'industrie les fabrique et les insère dans des objets courants: lunettes, raquettes

## Quelques notions clés

**Nanomètre:** unité de mesure de longueur égale à un milliardième de mètre ( $10^{-9}$  m). Un atome mesure entre 0,1 et 0,4 nanomètre. En réalité, la première image d'un atome a été obtenue en microscopie ionique en 1953.

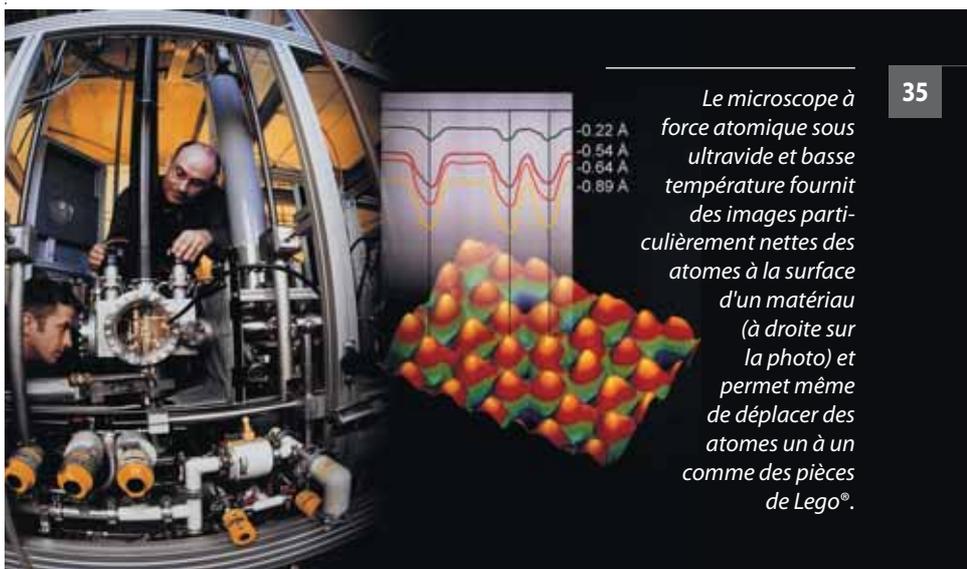
**Nanoparticules (agrégats, colloïdes, cristaux, fullerènes):** composées de quelques dizaines à quelques milliers d'atomes regroupés en paquets ou assemblés en forme de cage.

**Nanotubes de carbone:** nanofils dont la dimension nanométrique concerne le seul diamètre.

**Nanocouches:** couches minces de quelques nanomètres d'épaisseur déposées sur un matériau massif.

Le **microscope à effet tunnel** utilise une aiguille métallique ultrafine que l'on promène à une distance de quelques atomes seulement de la surface à étudier. Les atomes présents à la surface de l'échantillon sont ainsi repérés, révélés sur l'écran de l'appareil et peuvent être manipulés.

Le **microscope à force atomique** fonctionne selon le même principe, mais permet d'observer la surface des matériaux isolants tels que les polymères, les céramiques et les matériaux biologiques. Sa pointe est fixée sur un bras de levier flexible qui suit le relief du matériau à observer. La déformation du levier, éclairé par un laser, est mesurée par un photo-détecteur et enregistré sur un ordinateur.



Le microscope à force atomique sous ultravide et basse température fournit des images particulièrement nettes des atomes à la surface d'un matériau (à droite sur la photo) et permet même de déplacer des atomes un à un comme des pièces de Lego®.

35

de tennis, produits cosmétiques, piles photovoltaïques, matériel poreux pour le stockage de l'hydrogène, puces électroniques ou pneus automobiles. La première application commerciale a été l'introduction de nanocomposites dans des marchepieds à l'initiative de *General Motors*.

## Les perspectives

Mais pourquoi s'évertuer à aller voir si loin au cœur de la matière ? La raison est

simple: pour la quantité de propriétés nouvelles que révèle la matière à cette échelle et que ne possèdent pas les objets les plus grands. Autrement dit, à l'échelle du nanomètre, les nombreuses qualités des différents matériaux (optique, catalytique, mécanique, magnétique, thermique, de conductivité) dépendent beaucoup de leur taille. Et en raison de ce confinement, la matière réserve bien des surprises: certaines propriétés apparaissent, d'autres disparaissent; certaines sont très largement améliorées, d'autres encore sont perturbées et ne respectent plus à la lettre les lois de la physique

classique. Les électrons par exemple, ne circulent plus comme un courant ininterrompu, mais un par un.

On mesure déjà les enjeux purement scientifiques des nanosciences: d'une part, comprendre comment la matière est structurée à petite échelle et d'autre part, pouvoir un jour contrôler ses propriétés et envisager la conception de nouveaux composants, circuits, voire systèmes. Et quand ces enjeux croisent des enjeux industriels (comme celui de l'avenir de la microélectronique par exemple), inutile de dire que nos chercheurs s'agitent dans les laboratoires et que les grandes multinationales sont à l'affût des meilleures innovations.

Mais bien au-delà de la microélectronique, c'est tout le champ des matériaux, (métaux, polymères, céramiques) et de presque toutes les disciplines scientifiques (médecine, biotechnologies, chimie, sciences de l'environnement...) qui est aujourd'hui concerné par les nanosciences et les nanotechnologies. C'est avec ces briques élémentaires que nos chercheurs imaginent les matériaux et les technologies de demain. Et à côté de l'aspect fondamental de ces recherches, fleuron de nos chercheurs, les laboratoires regorgent déjà d'une multitude d'applications en gestation. Citons par exemple des nanocomposites pour améliorer les performances des polymères ou des céramiques, des nanotubes ou nanofils de silicium pour l'électronique, des médicaments programmés pour intervenir directement auprès de leur cible, des nanoparticules pour piéger les polluants dans l'eau... Bref, le champ des «nanos» s'élargit et de plus en plus de laboratoires l'investissent de par le monde.

Une compétition effrénée entre les États-Unis, le Japon et l'Europe pour la maîtrise de cette technologie s'est même engagée depuis 3 ou 4 ans. Les budgets s'affolent, un engouement qui s'explique facilement puisque les retombées économiques devraient être impressionnantes. Selon la *National Science Foundation*, les biens et services liés aux nanotechnologies généreront d'ici à 10 ans un marché de 1 000 milliards de dollars !

## En Belgique

En Belgique, un tiers des activités de près de 800 entreprises réunies au sein de la *Fédération de l'industrie chimique et des sciences* (dénommée *essenscia*) est aujourd'hui potentiellement concerné par les produits nanos.

Selon une étude du *BEUC (Bureau Européen de l'Union des Consommateurs)*, 70% des applications des nanotechnologies sont attribuées aux cosmétiques, colles et mastics, détergents et peintures, précise le porte-parole d'*essenscia*. La cosmétologie connaît 2 types d'utilisation des nanomatériaux d'une part et l'utilisation des nanotechnologies d'autre part. Les nanomatériaux sont principalement utilisés dans la production des produits de protection solaire car la taille nano permet de formuler un produit transparent à partir de matières premières minérales (dioxyde de zinc et titane) qui forment une barrière physique contre les rayons solaires. Le résultat allie efficacité et acceptation par le consommateur. Quant à l'utilisation des nanotechnologies en elles-mêmes, elle permet de créer des nano-émulsions qui offrent la

possibilité de transporter des actifs plus en profondeur dans les couches superficielles de l'épiderme.

Les nanomatériaux constituent également des ingrédients d'avenir dans le secteur des «colles». Ils sont en effet susceptibles d'améliorer leur force d'adhésion car le film est plus mince entre les éléments à coller et le contact plus intime. L'utilisation des nanoparticules augmente également la rapidité de collage, procurant une plus grande surface de contact entre les réactifs que des ingrédients de tailles macroscopiques.

Au niveau industriel, *Nanocyl*, situé à Auvelais, est un des leaders sur le marché des nanotubes de carbone au niveau mondial. Avec une production de 460 tonnes par an de nanotubes de carbone, il est de loin le plus gros producteur européen. Les nanotubes de carbone s'utilisent aujourd'hui au niveau industriel dans l'industrie électronique et automobile car ils permettent de rendre les plastiques conducteurs. Dans l'automobile, l'intérêt de remplacer les métaux par ces matières réside dans le gain de poids. Plus de 50% de la production est quant à elle exportée en Asie dans le marché de l'emballage électronique.

## Toxicité

Du fait de l'enjeu économique qu'ils représentent, la recherche et l'industrialisation des nouveaux nanomatériaux

## Quelques dates

1959

Le Prix Nobel de physique

1965

Robert Feynman prononce la phrase «There is plenty of room at the bottom» qui, selon la petite histoire, est à l'origine des recherches sur les nanoparticules

1974

Le concept «nanotechnologie» est proposé par le japonais Norio Taniguchi (1912-1999) de l'Université de Tokyo

1985

Découverte des fullerènes par Richard Smalley, Harold Kroto et Robert Curl, Prix Nobel de chimie 1996

1991

Découverte des nanotubes de carbone par Sumio Iijima (NEC, Japon)

20

Création d'un Centre de nanotechnologie à l'Académie des Sciences en Chine (Beijing)

posent la question au regard des risques potentiels qu'ils représentent tant pour les chercheurs que pour les travailleurs de ce secteur.

Il faut préciser, explique le professeur Nysten (Université catholique de Louvain, *Institut de la matière condensée et des nanosciences*) que la toxicité ne provient jamais d'un produit mais de son usage. L'eau la plus pure est mortelle pour l'homme à 20 fois la dose courante: essayez donc de boire 20 litres d'eau ! Il existe de multiples scénarios possibles d'exposition, poursuit le professeur, que ce soit au moment de la fabrication des nanomatériaux, de leur mise œuvre, de leur utilisation ou encore lorsque les produits qui les incorporent arrivent en fin de vie mais il est évident que l'inhalation constitue la principale voie de pénétration dans l'organisme.

Des travaux du consortium des laboratoires travaillant dans le domaine des nanotechnologies, on peut conclure qu'il ne faut pas reproduire les erreurs du passé, c'est-à-dire mettre sur le marché des produits toxiques et les étudier quand il y a des problèmes. Il y a un réel besoin d'information sur la toxicité du produit, précise encore le professeur Nysten. Il faut en effet savoir que la toxicité de n'importe quel produit dépend du taux d'exposition (c'est-à-dire le temps et la quantité à laquelle une personne est exposée) et l'état du produit. Les nanotubes de carbone ne sont jamais utilisés en tant que tels: ils sont figés dans une matrice polymère, ce qui revient à dire que leur quantité est infime. Où il fallait mettre 30, 40, 50% de fibres de carbone pour obtenir un matériau composite aux propriétés intéressantes, il ne faut plus que 1, 2 ou maximum 3% de nanotubes de carbone, tient

à préciser le professeur Nysten. Comme il s'agit de quantités infimes et qu'elles sont prisonnières dans la matrice, le produit est totalement inoffensif. Il n'y a donc pas lieu de crier haro sur les nanotechnologies au nom du principe de précaution, conclut le professeur Nysten.

En Belgique, la Région wallonne a chargé l'Université de Namur d'analyser le risque potentiel de ces technologies en ce qui concerne la santé humaine. Le projet vise à développer des tests de toxicité pour tout type de nanoparticules. Dans le cadre de ce projet nommé «*Nanotoxico*», des nanoparticules issues de l'industrie wallonne sont étudiées comme les carbures de titane et de silicium et les nanotubes de carbone produits par *Nanocyl*, spin-off des facs. *Nanotoxico* est un projet pluridisciplinaire regroupant 3 pôles de recherche: le pôle caractérisation, le pôle toxicologie *in vitro* et le pôle pharma/santé.



### Plus d'infos:

- Les nanotechnologies en Wallonie: [www.nano.be](http://www.nano.be) ou [www.nanobelgium.org](http://www.nanobelgium.org);
- Les nanotubes de carbone: [www.nanocyl.com](http://www.nanocyl.com)
- Pôle de compétitivité Santé de Wallonie: [www.biowin.org](http://www.biowin.org)
- Situation actuelle des recherches dans le domaine des nanotechnologies: [www.oecd.org/sti/nano/](http://www.oecd.org/sti/nano/)
- Organisation multisectorielle (800 entreprises) représentant les secteurs d'activités de la chimie et des sciences de la vie: [www.essenscia.be](http://www.essenscia.be)

En outre, la législation REACH offre un cadre qui permet d'évaluer les propriétés des substances et d'identifier les mesures à prendre pour éviter les risques éventuels. D'autre part, la réglementation européenne relative à la mise sur le marché des produits cosmétiques (Règlement CE 1223/2009) comporte également des dispositifs particuliers pour les nanotechnologies et les nanomatériaux. Enfin, le *CEFIC* (*European Chemical Industry Council*) dispose quant à lui d'un code de bonne conduite «*Responsible Care*» pour les nanotechnologies, précise encore *essenscia*. ■

00

2001

2002

2003

2006

Création du «National Nanotechnology Initiative» aux États Unis

La Commission européenne inscrit la recherche en nanotechnologie dans le 6<sup>ème</sup> Programme-cadre de recherche et de développement (PCRD) et lui octroie pas moins de 10% du budget

Publication d'un rapport de Greenpeace sur les risques liés aux nanoparticules

Publication par l'Union Européenne d'une «Roadmap 2015» sur les applications des nanotechnologies

La Direction générale opérationnelle de l'Économie, de l'Emploi et de la Recherche de la Région wallonne (DGO6) comme le FUNDP (Namur) la mise au point de modèles toxicologiques adaptés aux caractéristiques des nanoparticules dans le cadre d'un Pôle d'excellence (terminé fin 2011) TOXICO

# Le mystère des tours de sable

Texte : **Henri DUPUIS** • [dupuis.h@belgacom.net](mailto:dupuis.h@belgacom.net)

Photos : **JuditK/Flick'r** (p.38), **GRASP-ULg** (p.39)

38

**L'année physique 2012 a été riche en événements spectaculaires et d'importance: probable découverte du boson de Higgs, avancée en matière de fusion nucléaire, communication par neutrinos (lesquels, fin de l'an passé, avaient même été soupçonnés de dépasser la vitesse de la lumière !)... Des résultats obtenus à l'aide de machines gigantesques comme le LHC. Mais la physique continue aussi à décrypter les phénomènes les plus quotidiens. Ainsi, pourquoi un écoulement de grains de sable forme-t-il tantôt des tas assez étalés, tantôt des tours hautes et étroites ? Un mystère qui vient d'être résolu par une équipe de l'ULg (1). De quoi intéresser les ingénieurs et même les zoologistes !**

**L**es matériaux granulaires ont envahi notre vie quotidienne depuis longtemps. Sucre et sel dans nos cuisines, tas de blé, sacs de ciment et de sable dans les entreprises: autant d'exemples de grains auxquels nous ne prêtons même plus attention. Pourtant, leur empilement répond à des lois physiques précises dont l'étude est la spécialité du GRASP (Group for Research and Applications in Statistical Physics) créé à l'Université de Liège en 1999 par le professeur Nicolas Vandewalle. Des chercheurs qui ne pouvaient qu'être attirés par de bien étranges tours de sable...

Si on laisse s'écouler du sable petit à petit, il se forme un tas - une pyramide conique - qui va s'étaler plus ou moins selon un angle appelé angle d'avalanche. Il en va de même si l'on répète l'expérience alors que le sable s'écoule dans l'eau. Seule différence avec le sable

sec: l'angle d'avalanche n'aura pas la même valeur (en fait, la différence est très faible. On peut presque dire que l'angle ne change pas); la forme du tas ne sera donc pas identique même si les autres paramètres n'ont pas varié. Mais ces deux situations - sable sec ou sable entièrement sous eau - ne sont pas les seules possibles. On peut en effet envisager le cas de grains de sable qui s'écoulent sur un tas dont la base est sous eau mais le sommet à l'air libre.

Autrement dit, il existe une interface air-eau qui traverse le cône de sable. C'est cette situation qu'ont étudiée Stéphane Dorbolo, chercheur qualifié FNRS, et deux post-doctorants qui poursuivent actuellement des recherches au sein du GRASP, Florian

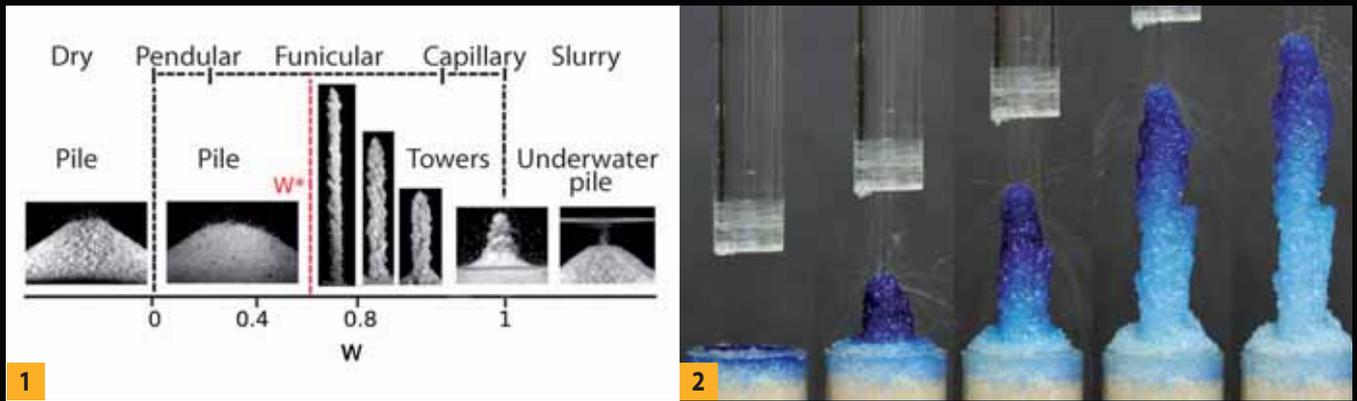
Moreau et Felipe Pacheco-Vázquez. Et là, surprise: dans certaines conditions, les grains de sable qui tombent ne viennent plus constituer un joli tas.... mais s'élevaient en une tour étroite !

## Quatre situations possibles

Pour comprendre ce phénomène spectaculaire, il faut regarder de près ce qui se passe entre les grains de sable. «Lorsqu'il y a présence de liquide, explique Stéphane Dorbolo, 4 situations sont possibles qui sont déterminées par le degré d'humidité (de saturation) du tas de sable sur lequel tombent les grains». La première est dite pendulaire (pendular). Dans ce cas, il y a peu de liquide, le degré

*Les diverses configurations possibles en fonction de la quantité de liquide, de l'humidité du tas de sable sur lequel tombent les grains; les tours n'apparaissent que dans les situations capillaires et funiculaires. D'après A. Kudrolli, Nature Materials 7 (2008) 174.*

sec	
pendulaire	
funiculaire	
capillaire	
boueux	



1. Sur ce schéma résumé, on voit bien que la formation de tours n'est possible qu'à partir d'une certaine valeur du coefficient d'humidité  $W$ . Et que plus cette valeur se rapproche de 1, plus la tour sera petite et s'écroulera rapidement.

2. Pour rendre le phénomène de formation d'une tour plus visible, un colorant bleu a été ajouté au liquide qui humidifie le sable contenu dans le pot en bas. On remarque que le colorant monte dans la tour par capillarité.

d'humidité est faible. Cela se traduit par la formation de simples ponts liquides entre certains grains de sable, ce qui suffit à assurer une certaine cohésion entre grains (voir tableau p.38).

Deuxième cas: l'humidité du tas est plus importante, mais on reste sous le seuil de la saturation. Cette situation est appelée funiculaire (*funicular*). Il existe toujours des ponts liquides entre grains mais en plus, certains pores (espaces entre grains) sont remplis de liquide. La cohésion entre grains est plus importante puisqu'assurée à la fois par les ponts et par le liquide contenu dans les pores. Troisième cas, dit capillaire (*capillary*): cette fois, le tas de sable sur lequel tombent les grains est saturé en liquide. Il n'y a plus de ponts entre grains mais tous les pores sont remplis de liquide. Un liquide qui s'est répandu dans tout le tas par capillarité et dont la pression est plus faible que la pression atmosphérique. Ce qui assure le phénomène de cohésion. Enfin, dans le quatrième cas, dit boueux (*slurry*), le tas de sable est totalement immergé dans le liquide. Dans ce cas, la pression du liquide est égale ou plus forte que celle de l'air et il n'y a aucune cohésion entre les grains du tas. Si les situations extrêmes avaient déjà été étudiées, les cas intermédiaires demeuraient largement inexplorés.

## Une certaine valeur du coefficient d'humidité

Les chercheurs du GRASP ont donc déterminé les conditions d'apparition - et de

chute - de ces fameuses tours en fonction de divers paramètres. «Première constatation, explique Felipe Pacheco-Vazquez, les tours n'apparaissent que pour les systèmes en régime funiculaire et capillaire. Autrement dit, il faut qu'une partie au moins des pores situés entre les grains soit remplie de liquide. Cela correspond à un intervalle précis de valeur du coefficient d'humidité  $W$  du tas. En dessous de cette valeur, c'est trop sec; au-dessus, le système est à saturation.» Les chercheurs ont aussi constaté que la vitesse de croissance d'une tour diminue exponentiellement au fur et à mesure que sa hauteur croît, jusqu'à ce que la structure s'écroule brutalement. Et que la hauteur finale de la tour augmente quand la quantité de liquide à sa base est réduite. Autrement dit, pour qu'une tour soit haute, il ne faut pas que le coefficient d'humidité de la base de la tour soit trop élevé, mais plutôt proche de la valeur de déclenchement du phénomène. Il résulte de ces constatations que le phénomène d'auto-construction des tours ne se produit en régime funiculaire ou capillaire qu'à 3 conditions:

- les grains secs qui tombent sur le tas doivent pouvoir être capturés par des ponts capillaires;
- le liquide doit pouvoir être aspiré vers le haut dans la structure;
- le poids de la tour doit être plus petit que les forces de cohésion à sa base, celles-ci dépendant du degré d'humidité de la base.

Ces observations, évidemment quantifiées et traduites en formules mathématiques par les chercheurs, montrent que la dynamique de croissance de ce type de tours dépend du phénomène

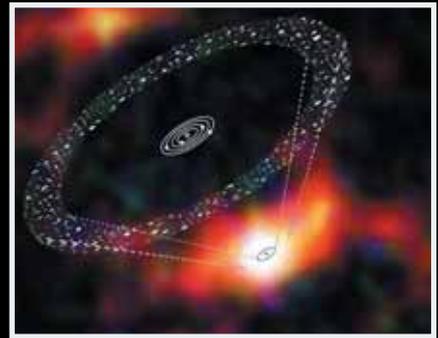
de succion du liquide à travers le sable et du piégeage des grains tandis que la hauteur des structures caractérise le contenu liquide du substrat. «C'est donc, conclut Florian Moreau, une méthode possible pour étudier les processus d'absorption et les propriétés mécaniques des matériaux granulés humides.» Voilà qui devrait intéresser les ingénieurs, toujours à la recherche de moyens pour mesurer les forces de cohésion à l'œuvre dans un tas de matière. Mais voilà qui intéressera peut-être aussi des zoologues intrigués par la forme de certaines fourmillères construites par des fourmis qui n'utilisent pas de salive comme élément liant (voir photo ci-dessous). Pourquoi en effet sont-elles parfois de type conique et parfois ont-elles la forme de tours ? La différence est peut-être dans l'humidité... ■



(1) *Sculpting sandcastles grain by grain: Self-assembled sand towers*, Pacheco-Vazquez Felipe et al., Physical Review E, 2012. L'article peut être consulté en ligne sur: <http://orbi.ulg.ac.be/handle/2268/133782>

# À la Une du Cosmos

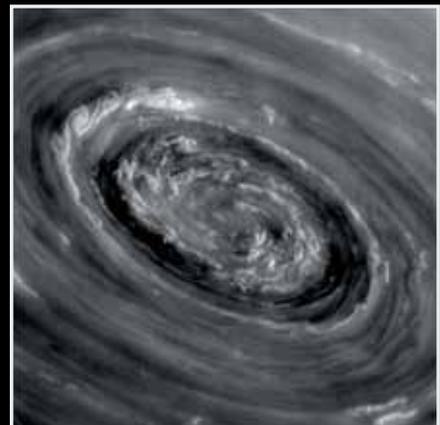
Texte: Yaël NAZÉ • [naze@astro.ulg.ac.be](mailto:naze@astro.ulg.ac.be) • <http://www.astro.ulg.ac.be/>



À gauche: Des milliards de comètes se percutant à un rythme effréné seraient à l'origine des nuages de gaz entourant 49 Ceti et une autre étoile. Ces comètes formeraient des ceintures analogues à notre ceinture de Kuiper, mais incomparablement plus peuplées.

Ci-dessus: D'autre part, l'absence de planètes géantes semble aller de pair avec d'importants disques de débris cométaires, ainsi que le monde le télescope européen Herschel pour les étoiles GJ 581 and 61 Vir.

Photos: NASA et ESA



Ci-dessous: Titan refait la Une de l'actualité. Cette lune émet une faible lumière d'origine inconnue, et la météo vient d'y changer soudainement, avec la ronde des saisons...

À droite: Cassini a aussi dévoilé une image impressionnante du vortex polaire de Saturne.

Photos: NASA et Cassini

Titan's seasonal change



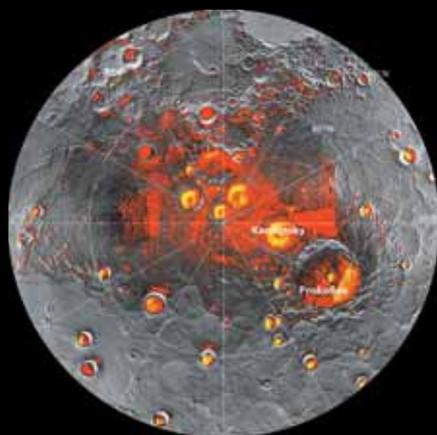
Les trous noirs font aussi l'actualité.

Il y a un record - détection d'un jet X émis par un trou noir très lointain.

Il y a aussi un problème théorique - on pensait la masse du trou noir central des galaxies proportionnelle à la masse de la galaxie et voici une mini arborant un géant noir...

Enfin, il y a un soulagement chez les théoriciens - ils prédisaient des jets de quasars très puissants, une équipe menée par un Liégeois les a enfin découverts.

Photo: ESO

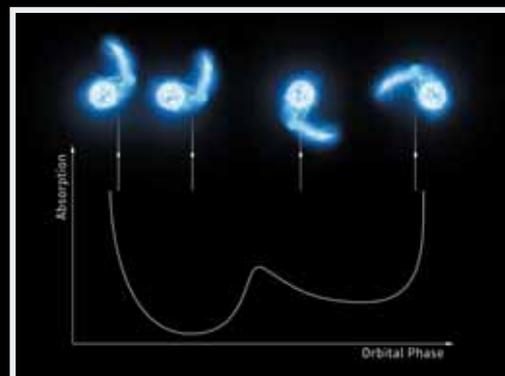


Bien que ce soit une planète très chaude (côté éclairé), il y a de la glace sur Mercure. Des dépôts de plusieurs dizaines de centimètres d'épaisseur ont été détectés aux pôles, mais on ne sait pas encore s'ils affleurent ou s'ils sont protégés par une mince couche isolante, sombre, peut-être constituée de composés organiques. On suppose que ces dépôts ont une origine cométaire.

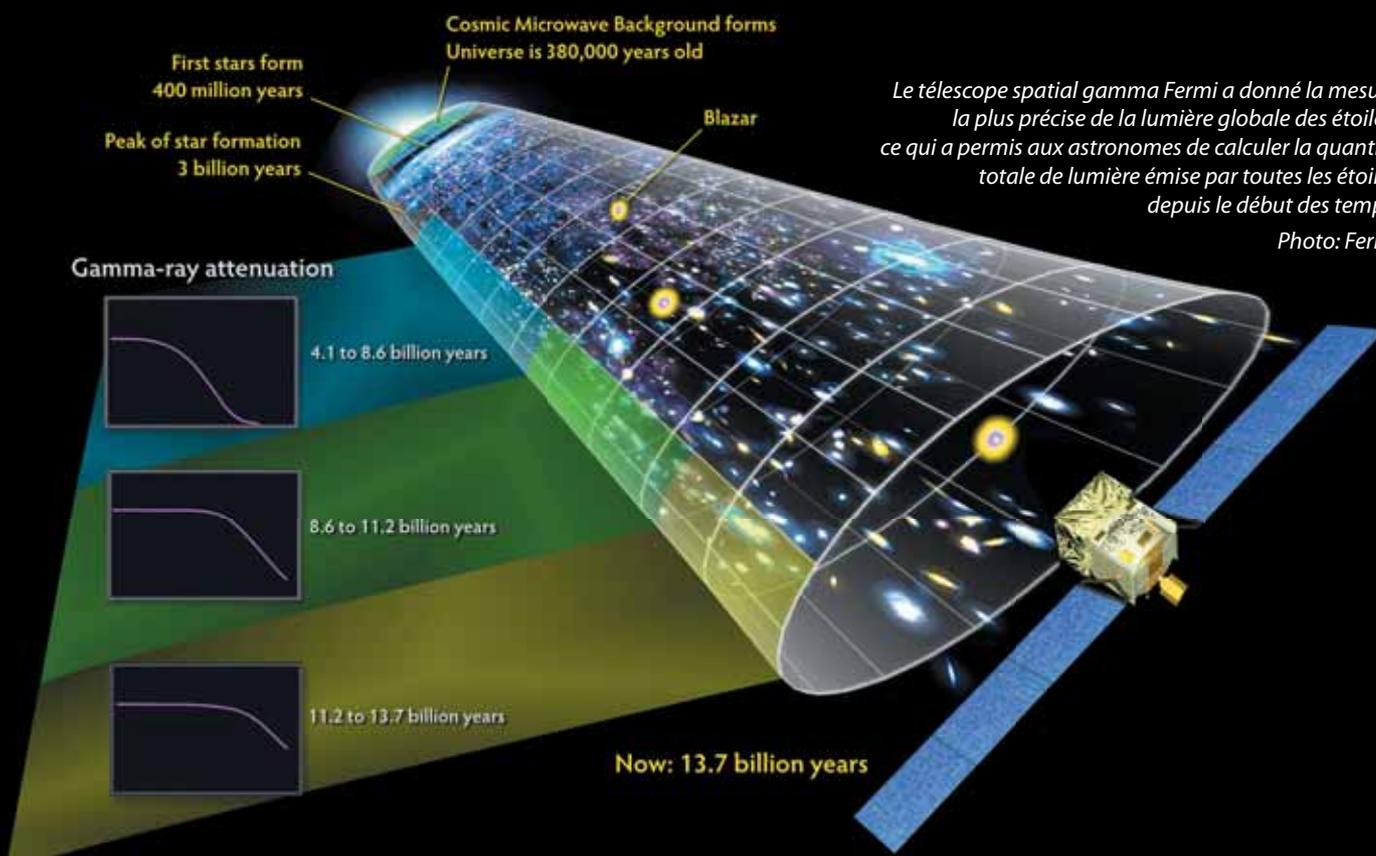
Photo: Messenger

Une étoile à neutrons en train d'avaloir le vent de sa compagne vient d'être pesée par les satellites européens XMM et Integral - comment ? simplement en regardant comment sa gravité déforme le jet de matière...

Photo: ESA



À gauche: Les télescopes VLT et CFHT auraient identifié une planète errante, c'est-à-dire non attachée à une étoile. Elle est proche du système solaire (environ 100 années-lumière). Photo: ESO. À droite: Des astronomes utilisant le VLT de l'ESO ont découvert une étoile binaire au centre d'une nébuleuse planétaire. Cela expliquerait leur aspect non-sphérique (nébuleuses type «papillon»). Photo: ESO



Le télescope spatial gamma Fermi a donné la mesure la plus précise de la lumière globale des étoiles, ce qui a permis aux astronomes de calculer la quantité totale de lumière émise par toutes les étoiles depuis le début des temps.

Photo: Fermi



Texte: Théo PIRARD • Photos: NASA

42

**L**e 25 août dernier, l'un des grands héros de l'aventure spatiale des années 60 s'est envolé définitivement vers les étoiles. Neil Armstrong (1930-2012), qui venait d'avoir 82 ans, n'a pas survécu à une opération chirurgicale des artères coronariennes. Son décès, qui en a surpris plus d'un, a ravivé bien des souvenirs de l'exploit historique qui a marqué le 20<sup>e</sup> siècle.

Il y a 40 ans, en ce mois de décembre, se tournait la dernière page avec Apollo 17 et avec elle, la dernière expédition humaine sur l'Astre des Nuits. Les 1<sup>ers</sup> pas sur la Lune avec la mission Apollo 11 de juillet 1969, en l'absence de vent, sont imprimés pour des siècles dans la poussière. Au demeurant, la Nasa, qui a décroché ses lettres de noblesse en astronautique avec la réussite de son programme Apollo, a pris des mesures de préservation des sites explorés par 12 Américains de 1969 à 1972.

**L**e premier d'entre eux était un être hors du commun, comme les médias l'ont rappelé. En quoi était-il exceptionnel ?

Les 20 et 21 juillet, Neil Armstrong est entré dans l'Histoire. Ce pilote d'essais civil réalisait sans triomphalisme un rêve d'enfant en menant à bien l'expédition Apollo 11. On retiendra, outre une humilité et une modestie naturelles, son sang-froid olympien qui lui avaient valu le surnom d'«ice commander» (commandant de glace). Il n'a aucunement tiré parti de l'exploit qu'il avait réussi pour la Nasa et qui redorait la bannière étoilée dans l'espace. On n'a guère évoqué son ton serein, imperturbable, quand il annonce au centre de contrôle de Houston la nouvelle historique que lui et Buzz Aldrin, pilote du module lunaire, sont bien arrivés sur la Mer de la Tranquillité. Le 20 juillet 1969, à 21 heures 18 minutes et 40 secondes, il se contente de dire sans la moindre exubérance : «Houston, Tranquillity Base here. The Eagle has landed». («Houston, ici la base de la Tranquillité [la «mer» où se trouve le site d'alunissage]. L'Aigle [nom du module lunaire] a atterri»).

**D**ouze Américains ont marché, travaillé et même roulé à quelque 380 000 km de leur Terre. Que sont-ils devenus à leur retour sur leur planète natale ?

Quatre sont aujourd'hui décédés. Tous ont connu des destinées fort diverses.



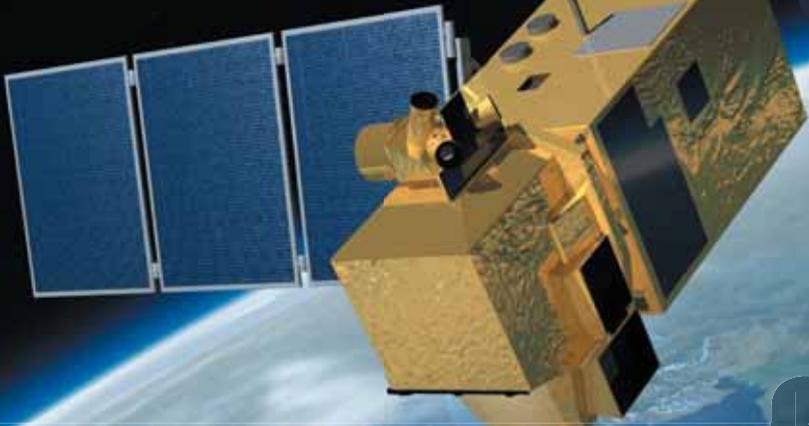
Buzz Aldrin, le deuxième après Armstrong, a souffert de la célébrité avant d'en tirer profit de façon éhontée. John Young qui a voyagé deux fois jusqu'à la Lune est resté astronaute le plus longtemps et a commandé deux missions avec le Space Shuttle, dont le vol inaugural en avril 1981. Trois, Charles Conrad, David Scott et Eugène Cernan, sont devenus consultants pour l'industrie aérospatiale et les technologies nouvelles. Cinq ont changé de vie en devenant artiste-peintre (Alan Bean), en s'installant comme homme d'affaires (Alan Shepard), en étudiant les phénomènes paranormaux (Edgard Mitchell), en créant des fondations évangéliques (Jim Irwin, Charlie Duke). Un géologue de profession (Harrison Schmitt), qui a participé à Apollo 17, s'est quant à lui lancé dans la politique en étant élu sénateur du Nouveau Mexique.

**L'Europe est-elle déjà allée sur la Lune ?**

Non, et ce ne sera pas de sitôt ! L'Esa (Agence Spatiale Européenne), lors de sa Conférence ministérielle à Naples, n'a pu trouver le financement du projet allemand de robot lunaire, dit Lunar Lander. Elle laisse le champ libre aux automates et rovers de Russie, de Chine avec Chang'e-3 dès 2013, du Japon avec Selene-2 en 2016, de l'Inde avec Chandrayaan-2 en 2017. Il y a la compétition Google Lunar X Prize pour stimuler l'initiative privée à faire arriver et évoluer un robot sur la Lune. ■

Le n°1 sur la Lune:  
seule cette photo, prise par son compagnon  
Buzz Aldrin, montre son activité  
au pied du module lunaire Eagle





# Sécurité globale par satellite

Texte: **Théo PIRARD** • [theopirard@yahoo.fr](mailto:theopirard@yahoo.fr)

Photos: **Astrium** (p.43), **GeoEye** (p.44)

**L'**application qui fait plus que jamais partie de notre quotidien est sans aucun doute la prévision du temps, si possible avec au moins une semaine d'avance. Les satellites météo qui évoluent en orbite polaire (entre 500 et 1 000 km) et sur l'orbite géostationnaire (à quelque 36 000 km) contribuent à sauver de nombreuses vies humaines en précisant l'évolution d'ouragans, cyclones et tempêtes. En Europe, c'est l'organisation intergouvernementale *Eumetsat* - dont fait partie la Belgique, avec *l'Irm* (*Institut royal météorologique*) - qui gère les *Meteosat* géostationnaires et *Metop* polaires.

Si la compréhension du cycle de l'air, avec les phénomènes atmosphériques, semble sous contrôle, celle du cycle de l'eau, avec la connaissance des mers et océans, reste à approfondir. Surtout que le niveau marin, avec le réchauffement climatique et la fonte des calottes glaciaires, devient préoccupant pour les îles et les côtes. On l'a vu récemment avec la mégalopole de New York envahie et paralysée par les vagues et vents de l'ouragan Sandy. Le nombre de victimes a pu être limité, grâce aux signaux d'alerte venus de l'espace qui permettent de prendre des mesures de précaution. Même *Oceansat-2*, un satellite indien d'obser-

vation, a aidé les services américains à évaluer la puissance du tourbillon dévastateur Sandy et contribué aux secours d'urgence dans les zones les plus exposées à de sérieux dommages.

## Multiples constellations pour surveiller en continu

Le milieu terrestre dépend des caprices de la nature. Par ailleurs, le développement accru des activités humaines impacte de manière dramatique l'évolution d'un environnement qui réagit face au changement global. La dimension de l'espace permet de se rendre compte des effets qu'on impose au milieu terrestre. Des satellites de télédétection, de plus en plus performants, peuvent voir des détails de l'ordre du mètre en utilisant soit des systèmes optiques (caméras, spectromètres), soit des équipements radar (vision à travers les nuages, de jour comme de nuit).

La tendance actuelle est de déployer des constellations d'au moins 4 observatoires pour collecter des données et effectuer des prises de vues, de façon régulière, au-dessus des mêmes régions du

*Au-dessus de nos têtes, des satellites se multiplient. Au rythme d'un lancement tous les cinq jours. La plupart servent à la télécommunication et à l'information sur l'ensemble du globe. D'autres remplissent des missions « sans frontières » d'observation, de surveillance, de collecte de données: ce sont désormais des outils incontournables qui servent à garantir, de façon permanente, notre sécurité partout dans le monde.*

43

globe. Les autorités gouvernementales indiennes et chinoises disposent pour leurs propres besoins de tels systèmes d'observation qu'elles renouvellent et améliorent. Avec le système *Gmes* (*Global Monitoring for Environment & Security*) de surveillance globale pour l'environnement et la sécurité, l'Union européenne se prépare à mettre une constellation de satellites *Sentinel* à la disposition de la communauté mondiale. Mais il lui faut trouver les sources de financement...

En Europe, on aura à la fin de la décennie, une trentaine de satellites de surveillance optique et radar. Déjà, des entreprises privées proposent des produits et services grâce à des constellations pour la cartographie et le cadastre, le suivi environnemental, le contrôle de la végétation, l'organisation des villes, la gravité de pollutions, la gestion des ressources... Sans perdre de vue l'évaluation immédiate des zones dévastées par des tempêtes, tsunamis, inondations, tremblements de terre, incendies de forêt, glissements de terrain, éruptions volcaniques... Ce sont (par ordre d'importance):

- *Astrium Geo-Information Services* en France et en Allemagne avec les satel-

- lites optiques *Spot* et *Pleiades HR*, les satellites radar *Terrasar-X* et *Tandem-X*;
- *Telespazio* et *e-Geos* en Italie avec les satellites radar à usage dual (civil et militaire) *Cosmo-SkyMed*;
- *Dmccii* (*Disaster Monitoring Constellation International Imaging*) au Royaume-Uni en exploitant des micro-satellites de télédétection multispectrale développés par *Sstl* (*Surrey Satellite Technology Ltd*) en partenariat avec le Nigéria, la Chine et l'Espagne (avec *Deimos Space*) et en préparant pour 2014 des satellites à très haute résolution (1 m);
- *RapidEye* en Allemagne avec une constellation de 5 petits satellites pour un relevé quasi quotidien des étendues cultivées et des zones à risques environnementaux.

## Nouvelles applications dans un proche avenir

44

Les pays intéressés par avoir leurs propres satellites pour l'observation du milieu terrestre et des activités humaines sont en augmentation: l'Algérie, le Chili, le Vénézuéla, le Nigéria, l'Égypte, l'Afrique du Sud, la Biélorussie, l'Émirat de Dubaï, l'Arabie Saoudite, la Turquie, la Thaïlande, Singapour, l'Indonésie, la Malaisie, seront bientôt rejoints par le Pérou, le Kazakhstan, l'Iran, le Pakistan, le Vietnam... Dans le monde, on trouve des fournisseurs de tels systèmes spatiaux aux USA, au Canada, en France, en Italie, en Allemagne, en Belgique (avec *Spacebel* et *QinetiQ Space*), en Espagne, au Royaume-Uni, en Russie, en Ukraine, en Israël, en Chine, en Inde, en Corée du Sud, au Japon, au Brésil et en Argentine. *Euroconsult* estime le marché mondial de

la télédétection par satellites à quelque 5 milliards d'euros pour l'année 2011. Un chiffre qui continue à croître avec l'arrivée de nouveaux acteurs et le développement de solutions innovantes.

Les senseurs à bord des satellites donnent des informations d'une qualité de plus en plus grande. Grâce à des télescopes miniaturisés, ils sont capables d'observer avec une résolution de l'ordre du demi-mètre ! Le *GeoEye-2* commercial, que la société américaine *DigitalGlobe* prévoit de satelliser en 2013, pourra discerner des détails de 34 cm à la surface terrestre ! Des spectromètres pourront voir dans des dizaines, voire des centaines de bandes spectrales: ces satellites d'observation hyperspectrale - qui ont pour pionnier le *Proba-1* «made in Belgium» et que la Belgique, avec *Spacebel*, va fournir au Vietnam - permettront l'identification précise des éléments naturels.

Depuis l'orbite géostationnaire à près de 36 000 km d'altitude, les satellites météo n'observent que des phénomènes d'un demi kilomètre sur le globe. L'Inde développe, pour un lancement en 2015, le *Gisat* dont la caméra montée sur télescope prendra des vues montrant des détails de 60 m ! La société *Astrium* fait, elle, le pari d'un satellite géostationnaire capable, pour tout un hémisphère, de prendre des vues d'une résolution de 3 m. Il est par ailleurs question d'un senseur infrarouge qui puisse rapidement donner l'alerte sur les feux forestiers avec une localisation précise. Mais ce qui préoccupe le plus la sécurité sur Terre, ce sont l'effet inattendu et l'impact soudain de séismes violents qui provoquent des cataclysmes de grande ampleur. Des chercheurs et industriels de l'hémisphère nord s'efforcent de comprendre, afin d'en diagnostiquer les signes avant-cou-

reurs, les mouvements du sol et sous-sol. L'emploi de satellites à l'écoute de l'écorce terrestre au moyen de capteurs d'ondes constitue le défi technologique des prochaines années.

Le trafic en hausse sur les mers et dans les airs pose de façon aiguë le problème de la sécurité des bateaux et avions. Ceux-ci émettent des signaux automatiques d'identification, dits *Ais* (*Automated Identification System*) pour la marine et *Ads-B* (*Automatic Dependent surveillance - Broadcast*) en aéronautique. L'Union, avec l'*Emsa* (*European Maritime Safety Agency*), compte recourir à une constellation de micro-satellites pour sécuriser le trafic maritime en positionnant, presque en permanence, les navires en mer grâce à leurs signaux *Ais*. Deux consortia européens sont en lice pour proposer leur système *Sat-Ais*: l'un avec *Luxspace* au Grand Duché et *Rss* (*Redu Space Services*) en Belgique, l'autre avec *Hispasat* en Espagne. La société américaine *Iridium* a annoncé que les 66 satellites de sa constellation *Iridium Next*, qui seront lancés entre 2015 et 2017, seraient équipés pour la collecte des signaux *Ads-B* des avions afin d'améliorer la sécurité d'un transport aérien de plus en plus dense.

Images plus détaillées, avalanche de signaux, tri des informations: il y a la nécessité de mettre en œuvre de puissants moyens au sol pour le traitement rapide et l'archivage efficace des données. Ce que fait *Eumetsat*, à Darmstadt (Allemagne) pour des prévisions météo de plus en plus précises. Cela se traduit par une multitude de produits dérivés et services induits qui donnent lieu à des emplois à valeur ajoutée dans des Pme innovantes, comme *KeyObs* à Liège qui s'est spécialisée dans les systèmes d'information géographique au moyen des satellites de télédétection. De quoi justifier les efforts consentis par les pouvoirs publics pour que la technologie spatiale sécurise davantage notre vie de tous les jours. ■



La plage de Seaside Heights dans le New Jersey, ravagée le 29 octobre par le violent ouragan Sandy. Le satellite *GeoEye-1* permet de se rendre compte de la gravité des dégâts du Casino Beach Pier et de l'Amusement Park ainsi que de l'érosion de la côte, en comparant des photos qu'il a prises le 7 septembre 2010 et le 31 octobre 2012.

# Brèves spatiales...

## d'ici et d'ailleurs

Texte: Théo PIRARD • Photos: Nasa, Planetary Resources

**Mobilisation privée pour les astéroïdes !** Si vous êtes fidèle lecteur des aventures de Tintin, vous vous rappellerez ces dessins de Hergé qui montrent le capitaine Haddock en scaphandre, sur le point d'être piégé par l'astéroïde Adonis... Ce qui va obliger la fusée rouge et blanche à manœuvrer afin que Tintin aille rechercher son compagnon et qu'il en vienne à piquer une colère dans l'espace ! Un astéroïde plus petit, appelé Apophis, est observé depuis 2004. D'une masse estimée à 27 millions de tonnes, on le présente comme le météore de la fin du monde, car l'astéroïde évolue près de notre planète.

L'initiative privée s'intéresse aux astéroïdes. Des investisseurs ont récemment manifesté leur intérêt pour le comportement et le contenu de ces énormes rochers, dits «géocroiseurs», qui passent au large de notre planète. D'une part, ils cherchent à mieux calculer leur trajectoire près de la Terre, afin de prévenir une collision aux suites désastreuses. Par ailleurs, ils veulent connaître les ressources du sous-sol en vue d'une exploitation !

- *Planetary Resources Inc.* s'est révélée le 24 avril comme une «*asteroid mining company*» (compagnie minière des astéroïdes). Cette nouvelle entreprise,

créée par des milliardaires enthousiastes qui sont issus du business de l'informatique (*Google, Microsoft*), de la communication (Peter Diamandis, James Cameron), du transport spatial (Elon Musk, Jeff Bezos, Richard Branson), veut passer à la phase commerciale de l'exploitation des minerais - notamment le platine - dans les astéroïdes... À l'heure où la *Nasa* envisage pour 2025 de faire arriver des astronautes sur l'un d'entre eux ! Avant cette «première» interplanétaire, *Planetary Resources* compte avoir lancé ses «chasseurs» d'astéroïdes, sous la forme de robots petits et peu coûteux d'exploration et d'interception, baptisés *Arkyd*. *Arkyd-100*, réalisé pour moins de 8 millions €, est un explorateur sur orbite basse qui est équipé d'un télescope pour identifier les astéroïdes les plus intéressants à explorer.

- *B612 Foundation*, qui tire son nom du nom de la petite planète du «Petit Prince» d'Antoine de Saint Exupéry, est une association sans but lucratif qu'a fondée l'astronaute Rusty Schweickart. Celui-ci s'inquiète de l'impact catastrophique d'un astéroïde sur la Terre. Il est impératif, avec un système d'alerte mis en œuvre avec des fonds privés, de répertorier les «géocroiseurs» et de définir leurs trajectoires autour du Soleil... Il s'agit de placer sur orbite solaire, entre Vénus et la Terre, le télescope spatial *Sentinel*, réalisé par *Ball Aerospace* pour un lancement en 2016-2017. ■

Le premier *Arkyd* de *Planetary Resources* sera équipé d'un télescope pour observer la composition géologique des astéroïdes en vue de leur exploitation.



### Initiative belgo-suisse pour de petites missions de l'Esa.

L'Agence spatiale européenne vient d'inviter ses États membres à souscrire au nouveau programme optionnel *Small Missions Initiative (Smi)*. Il s'agit d'une initiative lancée par la Suisse et la Belgique dans le but de développer les micro- et nanotechnologies pour la réalisation de satellites compacts et légers, performants et économiques. *Proba-1*, petit satellite «made in Belgium» qui fonctionne depuis 11 ans pour des prises de vues à la demande, a montré la voie à suivre. La Commission s'intéresse à la solution moins coûteuse des observatoires miniaturisés sur orbite pour mener à bien des missions dans le cadre du programme *Gmes (Global Monitoring for Environment & Security)*. L'annonce en fut faite à Liège le 27 septembre lors des *Space Days* de Skywin/Wallonie Espace. ■

### Curiosity: autoportrait sur la Planète Rouge.

Depuis le 6 août, le «rover» américain à 6 roues électriques se trouve dans le cratère martien Gale. Cet engin de 899 kg, alimenté par des batteries à radioisotopes de plutonium, a commencé à se déplacer sur Mars. Il prend des vues panoramiques, des gros plans, puis procède à des analyses chimiques et minéralogiques du sol. ■



**Coucou, les revoilou. Qui ça ? Les dinosaurous. Plus sérieusement, les dinosaures, dont les enfants sont friands depuis plus de vingt ans. Après une légère accalmie, les éditeurs reviennent en force avec des albums documentaires en tous genres consacrés à ces grosses bêtes disparues. Nous en avons sélectionné trois. Et aussi plein d'autres sujets dont un ouvrage sur une étonnante liste de tout ce qui existe !**



L'humain

46

**Mon corps et moi**, texte de Sophie Coucharrière, illustrations d'Alexandra Pichard, Père Castor/Flammarion, 96 pages, 15 euros.

Que dire et que ne pas (encore) dire aux enfants qui posent des questions sur le corps humain ? Surtitré «Le livre qui fait parler les parents et les enfants», cet album répond avec simplicité et naturel aux grandes interrogations des plus jeunes. Huit parties l'articulent : «Naître et grandir», «Tous pareils, tous différents», «Sauter, courir, grimper», «Patauger et nager dans l'eau», «Sentir, toucher, écouter...», «Parler avec son corps», «Se reposer» et enfin, «Prendre soin de son corps». Une annexe sur le corps humain les complète. L'air de rien, aussi bien le squelette que les cinq sens, la respiration ou l'alimentation sont abordés, sur le plan physiologique et avec un prolongement plus psycho-logique. Car l'être humain est un tout, non ?

À partir de 5 ans. ■

**Des hommes dans l'Antiquité**, texte de Florence Maruéjol, illustrations de Jacques Martin, Casterman, 72 pages, 16,75 euros.

Faire revivre par le texte et par l'image l'existence des hommes et des femmes du monde antique, telle est l'ambition de cet album. On ne s'étonnera donc pas d'y lire le nom de Jacques Martin (créateur du personnage d'Alix). Ses illustrations, tirées de précédents albums, et également de nombreuses photos, accompagnent le texte de Florence Maruéjol, historienne et égyptologue. Il suffit de trois noms, Égypte, Grèce et Rome, pour résumer les civilisations antiques qui ont eu une empreinte durable sur l'histoire de l'humanité. Trois empires immenses, qui ont donné de splendides monuments et à qui nous devons notre mode de vie et notre système de pensée. Pour y arriver, des hommes, évidemment. Rois ou esclaves, ils sont les acteurs de ce bel ouvrage, entre histoire et techniques.

À partir de 10 ans. ■

**La fabuleuse histoire des bateaux**, texte de Brian Lavery, illustrations de Nicholas Forder et Sebastian Quigley, traduction française de Bruno Porlier, Gallimard jeunesse, 32 pages animées, 18,95 euros.

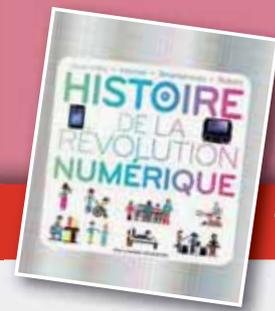
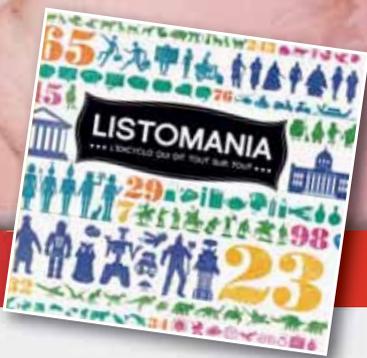
Un livre épais, en format à l'italienne. Celui qui était bien nécessaire pour accueillir tous les bateaux voguant dans ses pages. C'est à une traversée historique qu'il nous convie, de l'Antiquité aux porte-conteneurs géants actuels en passant par les bateaux de pirates et les somptueux paquebots transatlantiques. Remarquablement illustré, le livre animé propose aux moussaillons qui le parcourent de déplier des rabats, d'étendre des tirettes ou de manipuler d'autres astuces techniques pour explorer les recoins des navires présentés : drakkar, caravelle, galion, cuirassé, clipper, paquebot et porte-avions. En route, on découvre aussi les aventures de navigateurs intrépides tels que Christophe Colomb, Barbe noire ou le capitaine Smith, qui fut le commandant du *Titanic*.

Pour tous, à partir de 8 ans. ■

# À lire...

## avec nos enfants

Texte : Lucie CAUWE • [lucie.cauwe@lesoir.be](mailto:lucie.cauwe@lesoir.be) • Photo: IMAGEBROKER



Techniques

**Listomania**, Marie Bear, plusieurs illustrateurs, traduction française de Myriam Corriveau, *De La Martinière jeunesse*, 112 pages, 19,90 euros.

Il est amusant de constater qu'au moment où Internet permet de tout savoir sur tout sujet sort une épaisse encyclopédie illustrée, de bon format, présentée par l'éditeur comme «l'encyclo qui dit tout sur tout». Le programme est sans doute un peu exagéré mais on y trouve tout de même 2 663 informations insolites mais vraies, regroupées par genres. Tous les thèmes sont abordés: sciences, nature, géographie, histoire, etc. Septante d'entre eux sont récurrents et un index permet de s'orienter dans les autres. Le livre s'ouvre sur douze débuts remarquables: *Big Bang*, écriture, vaccination, jusqu'à la télé, l'internet, la guerre des étoiles et le clonage. Au fil des pages, on trouve plic-ploc les migrations extrêmes (barge rousse, monarque, krill, baleine et d'autres), les milieux où la vie est envisageable, les substances toxiques étonnantes, les plus vieilles plantes du monde, pour ne prendre que quelques exemples. Bref, il y en a pour tous les goûts et pour tous les intérêts, les pages étant de plus agréablement illustrées. Une vraie encyclo touche à tout.

**Pour tous, à partir de 9 ans. ■**

**Le monde où je vis**, textes de Jean-Michel Billioud, divers illustrateurs, Nathan, collection «Dokéo +, Comprendre comment ça marche», 144 pages, 18,50 euros.

La première partie («Un pays») est un peu plus politique que scientifique mais les deux autres («Une ville» et «Les loisirs») expliquent le fonctionnement d'un bon nombre de choses qui nous entourent. De l'eau potable au réseau Internet, du transport du gaz à l'aéroport international, d'une émission de TV à une fouille sous-marine, en passant par une solide liste de sujets, issus du quotidien mais qui semblent tellement habituels qu'on ne se souvient plus de leur fonctionnement. Pas de photos dans ce documentaire mais des illustrations, souvent sous forme de bandes dessinées. Et un prolongement sur le site lié à la collection.

**À partir de 9 ans. ■**

**Histoire de la révolution numérique**, textes de Clive Gifford et Mike Goldsmith, plusieurs illustrateurs, traduction française de Bruno Porlier, *Galimard Jeunesse*, 148 pages, 19,95 euros.

Qu'ont en commun Bill Gates, Steve Jobs et Mark Zuckerberg ? Les trois hommes sont parmi les principaux acteurs de la révolution numérique que nous vivons. Elle est arrivée tellement vite qu'on s'est à peine rendu compte des gigantesques changements qu'elle entraînait. Comment imaginer vivre aujourd'hui sans ordinateur ou sans téléphone portable, sans les réseaux sociaux ou sans Internet ? Sans jeux vidéo ? Cet ouvrage de grand format, à la couverture pailletée de pixels métallisés, propose de raconter l'itinéraire des personnes qui ont permis cette révolution, de suivre le chemin des grandes marques (*Apple, Facebook, Google, Nintendo*) qui sont entrées dans notre quotidien, de comprendre aussi les technologies qui se cachent derrière les appareils que nous utilisons tous les jours.

**Pour tous, à partir de 10 ans. ■**

## Nature &amp; animaux



**Les trésors de la nature**, textes de Delphine Badreddine, collectif d'illustrateurs, Gallimard Jeunesse, collection «Mes premières découvertes», 30 pages animées, 20 euros.

Un grand format dans l'esprit de la célèbre et formidable collection «Mes premières découvertes», célèbre par l'emploi de calques transparents pour animer les images et les pages, ce grand livre à reliure spiralee propose tout simplement aux plus jeunes de s'émerveiller devant le spectacle de la nature au fil des jours et des saisons. Des tirettes font s'enchaîner les quatre saisons. Quand on tourne une page transparente, le jour succède à la nuit. Une roue dévoile le procédé de la germination d'une graine. Une demi-page fait alterner les marées... Beaucoup d'idées ensuite pour encore découvrir la nature grâce à des devinettes graphiques: la formule du cache-cache a déjà été vue ailleurs mais les pages tactiles sont nouvelles. Un magnifique ouvrage pour les plus jeunes.

À partir de 4 ans. ■

**Au cœur de la nature avec le petit lion**, de Suzi Eszterhas, traduction française de Christine Rimoldy, Gallimard Jeunesse, 32 pages, 13 euros et **Au cœur de la nature avec le petit ours**, de Suzi Eszterhas, traduction française de Cécile Hermellin, Gallimard Jeunesse, 32 pages, 13 euros.

Deux nouveaux titres dans cette collection très réussie, illustrée de splendides photos et qui donne à suivre de près de jeunes animaux grâce à un texte qui raconte une histoire. Dans le premier, on suit la petite lionne, la lioncelle, pas à pas depuis sa naissance. On la voit ouvrir les yeux, grandir, jouer, têter sa mère, rencontrer son père le lion, apprendre sa vie d'adulte et s'apprêter à devenir maman à son tour. L'autre album détaille l'itinéraire d'un ourson (brun) né dans les montagnes de l'Alaska. S'il ressemble à une peluche, il est loin d'en être une !

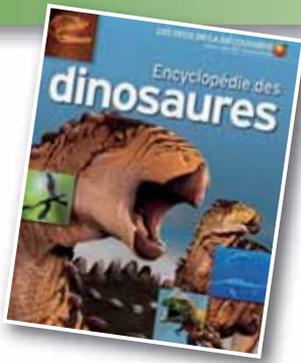
Pour tous, à partir de 4 ans. ■

**Dans mon panier**, texte de Florence Guiraud, illustrations de Judith Nouvion, De La Martinière Jeunesse, 168 pages, 19,90 euros.

Ce beau livre, conçu avec raffinement, propose de faire découvrir quarante espèces de fruits et de légumes que l'on rencontre couramment. Chacune est exposée sur une double page. À droite, une peinture qui se soulève pour montrer l'intérieur du fruit ou du légume. À gauche, les explications techniques, des croquis, une fiche d'identité et l'une ou l'autre anecdote. Voilà un ouvrage extrêmement savoureux qui permettra de ne plus aller faire son marché idiot ! Citrons, citrouilles, abricots, poireaux, kakis, kiwis et autres variétés moins connues n'auront plus de secret pour vous...

Pour tous, à partir de 9 ans. ■

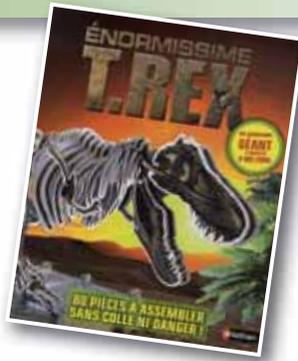




**Encyclopédie des dinosaures**, collectif, divers traducteurs, Gallimard Jeunesse, collection «Les yeux de la découverte», 308 pages, 19,95 euros.

Voilà que le leader en livres documentaires de qualité révise ses précédentes copies sur les dinosaures, de manière à proposer une encyclopédie extrêmement complète, accessible aux enfants mais qui intéressera aussi les aînés. On n'ignorera plus grand-chose sur les animaux de la préhistoire une fois qu'on aura examiné les 1 500 textes et photos créés pour cet ouvrage, paru à l'origine chez *Dorling Kindersley*, une autre référence en matière documentaire. Passée une introduction qui fait le point sur les connaissances actuelles, les animaux sont regroupés en chapitres par familles (invertébrés, vertébrés, dinosaures et oiseaux, etc.). Dans chaque partie, les doubles pages abordent chacune un thème détaillé. À noter le style agréable qui s'adresse au lecteur et le site Internet qui complète de photos et de liens certifiés les multiples informations de cet ouvrage, amené à devenir une bible en la matière.

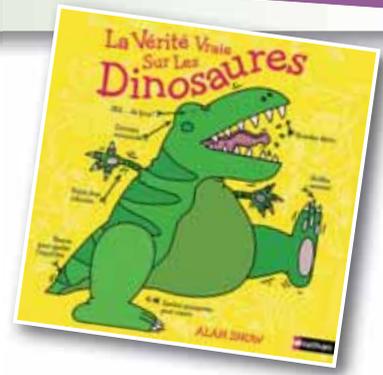
À partir de 9 ans. ■



**ÉNORMISSIME T. Rex**, Jemma Was-ting, traduit de l'anglais par Valérie Martin-Rolland, Nathan, 32 pages + 80 pièces pour assembler un dinosaure, 24,90 euros.

Pour bien comprendre un sujet un peu abstrait, rien de tel que de toucher, de fabriquer, de ne pas se cantonner dans les images. C'est ce que propose cet épais ouvrage, né chez le même éditeur britannique, *Dorling Kindersley*. Si le livre est très gros, c'est parce qu'il contient une boîte contenant les 80 morceaux d'un dinosaure. Un T-Rex très exactement ! Un petit livre figure dans le coffret, détaillant l'espèce présentée et donnant des conseils de montage. La maquette réalisée mesurera en effet quasi un mètre de long, ce qui n'est pas mal, mais insignifiant par rapport à l'animal réel: entre 12 et 15 mètres de long (un tram), un poids de 6 tonnes, des dents de 17 cm.

Pour tous, à partir de 7 ans (il serait cependant mieux de prévoir une assistance adulte - ce n'est pas un meuble Ikea, mais tout de même). ■



**La vérité vraie sur les dinosaures**, texte et illustrations d'Alan Snow, traduction française par Rose-Marie Vassallo, Nathan, 28 pages, 13,90 euros.

Après avoir fait turbiner son cerveau et agité ses petits doigts avec les deux ouvrages précédents, il est autorisé de se détendre un peu. Même si cet album au parti pris humoristique distille également pas mal d'informations sur ces lézards terrifiants. L'auteur se demande par exemple ce que mangeaient les dinosaures au petit-déjeuner. Ou à quelle vitesse ils couraient. Ou s'ils pensaient. Des questions d'enfants, donc éminemment respectables. Le stégosaure, le tricératops, l'apatosaure, le vélociraptor et le tyrannosaure sont examinés en détails, sous forme de schémas expliqués par des légendes et de courts textes. C'est une autre approche, mais tout aussi valable puisque les informations sont exactes.

À partir de 6 ans ■



«Chacune de nos lectures  
laisse une graine  
qui germe»

Jules Renard

C'est d'autant plus vrai pour les enfants,  
à qui la lecture ouvrira les portes d'un monde  
bien plus grand que celui qu'ils imaginent...

Bonnes lectures !

# À vos AGENDAS!

## Concours ingénieurs

### "Faites le pont" et "Ça plane pour toi"

## Étudiants du secondaire

La faculté des Sciences Appliquées de l'Université de Liège, avec le soutien de la DGO6, organise comme chaque année 2 concours ouverts à l'ensemble de la communauté étudiante. Ils ont un objectif pédagogique de sensibilisation des étudiants au métier d'ingénieur. Outre cet aspect didactique, ils représentent également une opportunité pour les étudiants du secondaire de découvrir l'environnement technique universitaire. Aussi, la réalisation d'une maquette pour l'une ou l'autre de ces manifestations pourrait s'intégrer idéalement dans le cadre d'un cours de mathématiques, ou sciences.

De plus, nous souhaitons vous informer sur la possibilité pour votre classe de venir participer à des ateliers interactifs, parmi lesquels:

- *Dis, comment ça vole ?*
- *La mécanique des matériaux et les structures du génie civil.*

Plus d'informations sur <http://www.ltas.ulg.ac.be/labo>

► Remise des prix le 17 avril 2013

#### Faites le pont

L'objectif est de sensibiliser les étudiants aux caractéristiques structurales et esthétiques d'un ouvrage d'art. Il consiste en la réalisation d'une maquette de pont en carton qui soit aussi résistante que possible. Les maquettes seront testées le même jour et les charges de ruine réellement mesurées permettent d'établir le classement. La participation au concours est entièrement gratuite et les matériaux sont fournis par l'Université.

**Infos:** <http://www.argenco.ulg.ac.be/ConcoursPont/MainPage.htm>

Vincent Denoël - Chemin des Chevreaux 1, Bât B 52/3 à 4000 Liège  
Tél.: 04/366.93.58 - [V.Denoel@ulg.ac.be](mailto:V.Denoel@ulg.ac.be)

**Date limite d'inscription:**

12 janvier 2013.

#### Ça plane pour toi

Ce concours a pour but de permettre aux étudiants de développer leur créativité et d'appréhender les principes physiques élémentaires liés à l'aérodynamique et à la mécanique du vol à travers la réalisation d'un planeur en balsa. La participation au concours est entièrement gratuite et les matériaux (balsa, colle) sont fournis par l'Université.

**Infos:**

<http://www.ltas.ulg.ac.be/planeurs>.

Ludovic Noels - Chemin des Chevreaux 1, Bât B 52/3 à 4000 Liège  
Tél.: 04/366.48.26 - [L.Noels@ulg.ac.be](mailto:L.Noels@ulg.ac.be)

**Date limite d'inscription:**

Retrait du matériel à partir du 4 février 2012, et inscriptions avant le 29 mars 2013.

## Appel à projets

### Alliance Emploi-Environnement: matériaux durables

## Wallonie

Les matériaux durables de construction représentent un gisement pour l'émergence et l'essor de nouvelles filières pouvant contribuer au renforcement d'une économie endogène, privilégiant les circuits courts. À ce titre, le Plan Marshall 2.Vert a prévu une mesure consistant dans le lancement de plusieurs appels à projets en vue de favoriser le développement de filières de matériaux durables de construction.

Placée au cœur de la première Alliance Emploi-Environnement wallonne dédiée à la construction et à la rénovation durable, cette mesure, dotée de 3 millions d'euros, s'inscrit pleinement dans l'objectif de cette politique innovante: faire de l'amélioration de l'environ-

nement une source d'opportunités économiques et de création d'emplois.

Cet appel vise spécifiquement les phases de pré-production et de démarrage de la commercialisation, à travers le soutien de premiers chantiers de référence. Il s'agit ici d'inciter les partenariats entre producteurs/distributeurs de matériaux et entrepreneurs du secteur de la construction ainsi qu'éventuellement des grossistes/détaillants et architectes.

Les retombées positives seront multiples: des chantiers de référence à exposer à des intermédiaires-clés, augmentation du niveau de maîtrise des techniques de mise en œuvre, identification d'éventuelles lacunes grâce aux chantiers

de référence, création d'un réseau de confiance,...

**Infos & formulaire:**

<http://nollet.wallonie.be>  
[caroline.evrard@cabinetnollet.be](mailto:caroline.evrard@cabinetnollet.be)  
Tél.: 081/32.18.25

Candidatures pour le  
20 février 2013



**1<sup>er</sup> Congrès interdisciplinaire du développement durable****31 janvier et 1<sup>er</sup> février 2013****Namur**

L'humanité prend chaque jour davantage conscience de la gravité des crises systémiques qui menacent son avenir. Les défis économiques, sociaux et environnementaux à relever pour sortir de ces crises et assurer une transition qui préservera notre bien-être et celui des générations futures sont énormes. Ils nécessitent la contribution de l'ensemble des forces vives de la société, dont celle du monde académique.



Dans ce contexte, il était urgent de réunir, lors d'un événement scientifique sans précédent en Wallonie, les meilleurs experts nationaux et internationaux de la transition et du développement durable. Dans cet esprit d'interdisciplinarité, le congrès vous permettra d'assister à l'intervention d'orateurs d'envergure internationale, tels que Jeremy Rifkin, Tim Jackson, Philippe Maystadt, Pierre Radanne et Olivier De Schutter; de prendre connaissance de plus de 50 contributions scientifiques portant sur 6 thématiques différentes (les biens communs mondiaux; l'alimentation, l'agriculture et l'élevage; le logement et l'aménagement du territoire; les modèles de la transition; le rôle des pouvoirs publics dans la transition et les acteurs non-étatiques de la transition);

de profiter de nombreuses opportunités de networking.

**Où ?**

Palais des Congrès - Place d'Armes, 1 à 5000 Namur

**Tarif ?**

20 euros (10 euros pour les étudiants et allocataires sociaux). Le formulaire d'inscription renvoie vers un système de paiement en ligne.

**Infos & formulaire d'inscription:**

<http://www.congrestransitiondurable.org/>

Inscription préalable obligatoire (jusqu'au 16 janvier 2013; nombre de places limitées) via l'adresse:

<http://cidd.onetec.be/index.asp>

# Sorti de PRESSE

51

**Des virus et des hommes  
Un demi-siècle de recherches et d'engagement****Couleur livres****Lise THIRY**

Lise Thiry, quel personnage que ce petit bout de femme, grande dame de la science, femme de cristal par sa transparence et sa solidité... À pas d'âge, elle nous produit un nouvel ouvrage intitulé «Des virus et des hommes: un demi-siècle de recherches et d'engagement» en collaboration avec Carmelo Virone, son garant littéraire s'il en faut... Dans un style passionnant, comme un roman d'aventures, elle nous emmène à travers 60 ans de tâtonnements, de recherches et de découvertes scientifiques de la plus haute importance pour la médecine au sein de l'Institut Pasteur et de l'Université libre de Bruxelles.

Elle nous fait découvrir en Belgique, comme aux États-Unis, en Angleterre, en Russie ou d'autres pays de l'Est, la vie des scientifiques dans leurs laboratoires. Nous y rencontrons des célébri-



tés au début de leur aventure comme Paul Bordet, Daniel Dekegel avec qui elle découvre le parasite du parasite qui protège le parasite (AAV), le professeur de médecine interne, Lucien Brull, qui lui apprend comment parler aux gens avec connivence, Willy Peers avec lequel elle va lutter pour l'avortement dans le respect et la dignité... bien d'autres encore.

Non contente de nous nourrir de ses découvertes, Lise Thiry nous fait vivre à sa façon, teintée d'humour et de chaleur humaine, sa vie personnelle à travers ses expériences et son cheminement dans

le temps comme dans l'espace. Avec beaucoup de simplicité et de délicatesse, nous côtoyons ses collègues de travail, ses préparateurs et même ses animaux-testeurs dans leurs comportements au quotidien avec leurs qualités et leurs défauts, de

même que l'attachement qu'ils ont les uns pour les autres.

Les virus, mot qui fait peur, nous deviennent sympathiques car l'auteure les fait vivre comme des personnages visibles à l'œil nu et finit par en faire des alliés. C'est la raison pour laquelle elle dédicace son livre à Georges Brassens qui désirait transformer l'ennemi en ami. Grande leçon d'humanité mais qui ne s'arrête pas là puisque Lise Thiry s'engagera dans la fondation du GERM (Groupe d'Étude pour une Réforme de la Médecine), dans la défense de l'avortement, dans celle des réfugiées africaines sans papiers, dans l'accompagnement des sidéens et dans la défense des droits de l'homme en général. Merci au Docteur Thiry de nous rendre plus proches de la science par son langage limpide et par sa volonté toujours aussi dynamique de partager son savoir. ■

Texte: **Jacqueline Danhaive**



**Visitez nos sites:**

<http://athena.wallonie.be>  
<http://recherche-technologie.wallonie.be/>  
<http://difst.wallonie.be/>



Service public  
de **Wallonie**

DIRECTION GÉNÉRALE OPÉRATIONNELLE  
DE L'ÉCONOMIE, DE L'EMPLOI ET DE LA RECHERCHE

