

Société p.16

**Déchets nucléaires :
et maintenant, on fait
quoi ?**

Internet p.30

**Et toi, Internet,
qu'est-ce que tu fais
pour la planète ?**





ÉDITO



Les pollutions visibles et invisibles

TEXTE: L'ÉQUIPE ATHENA • PHOTO: ZUMAPRESS.COM

Ces derniers mois ont été rythmés, semaines après semaines, par les mobilisations des jeunes en faveur d'une politique climatique plus ambitieuse de la part des politiques en place. Ce cri poussé par la jeunesse est interpellant et d'autres mouvements sont nés dont le «*SPW for Climate*» participant à la première grève mondiale pour le climat le 15 mars dernier à Bruxelles où une centaine de fonctionnaires ont marché pour la planète.

Une enquête publique a été lancée par les différents ministres fédéral et régionaux de l'Énergie et du Climat. Jusqu'au 15 juillet, les citoyens pourront s'exprimer sur les engagements pris par les différentes autorités du pays via le site du Plan national Énergie Climat (PNEC): <http://plannationalenergieclimat.be>. Cette enquête publique fait suite à une requête de la Commission européenne, qui a demandé à tous les États membres d'interroger leur population sur leur plan climat respectif. Un plan national final doit être soumis à la Commission d'ici la fin décembre.

Ces préoccupations pour le climat relancent également la question de la fermeture ou de la prolongation des centrales nucléaires. Qu'on soit pour ou contre, il faudra bien trouver comment traiter les déchets qui en résultent. La France et le Canada avancent sur leurs projets

d'enfouissement géologique mais la Belgique n'a pas encore pris de décision. Anne-Catherine De Bast nous pousse à y réfléchir en p. 16.

Certes, le nucléaire est un vieux débat mais un autre type de pollution, inhérent à notre mode de vie actuel, est apparu: le numérique qui, contrairement à ce qu'on pourrait croire, n'est pas du tout neutre en matière d'écologie. Saviez-vous que regarder votre série préférée depuis un smartphone (ou une tablette) consommait plus qu'un frigo en une année ? Julie Fiard nous explique tout cela p. 30 et nous propose des solutions simples pour réduire notre empreinte écologique sur le net.

Gardons également à l'esprit que la plupart des nouvelles technologies (smartphones, secteur éolien, moteurs hybrides, etc.) exigent des matériaux spéciaux qui sont produits à partir de «terres rares» suscitant toujours une pollution considérable. Certaines technologies/innovations sont-elles plus propices à préserver notre environnement que d'autres ? Si oui, lesquelles ? Sont-elles favorisées par le politique ? Tant de questions à méditer ou à discuter durant un apéro entre amis ou un barbecue en famille.

Bonne lecture... et bonnes vacances ! 



SOMMAIRE

Le mag scientifique

342

Mai-Juin 2019

- 4** Actualités
Le monde de la recherche, des nouvelles technologies et des entreprises à la loupe
- 10** Qui est-ce ?
Irène Joliot-Curie
- 12** Technologie
Et ... plouf !
- 16** Société
Déchets nucléaires:
et maintenant, on fait quoi ?
- 20** L'ADN de ...
Thierry VANDEN EYNDE • Scaphandrier
- 22** Dossier
L'andropause est-elle
la « ménopause de l'homme » ?
- 28** Chimie
Quand la science s'égare !
- 30** Internet
Et toi, Internet,
qu'est-ce que tu fais pour la planète ?
- 34** Biologie
Plongez au cœur des cellules
et de la vie
- 38** Physique
Le plus rare
- 40** Astronomie
Petite balade tête dans les étoiles
- 42** Espace
Pour savoir tout ce qui passe en l'air
et sur Terre !
- 46** À lire avec nos enfants
- 50** Barje
On est tous Barje, même Athena !
- 50** Agenda
À voir, à tester, à cliquer, à lire...





TEXTE : JEAN-CLAUDE QUINTART - JC.QUINTART@SKYNET.BE

PHOTOS : © IBA (P.4), RAJARSHI MITRA/FLICKR (P.5), © JLWERTZ.BE/ULIÈGE (P.6), © AGC GLASS EUROPE (P.6), © AUXIN SURGERY (P.7), VECTEEZY.COM (P.8), DESIGNED BY SNOWING/FREEPIK (P.9)

La solution Proteus®Plus d'IBA.

Succès en série

Gagner, c'est bien et pas facile, gagner tout le temps tient du miracle. C'est pourtant le tour de force qu'arrive à boucler le wallon IBA, spécialiste des technologies médicales, innovantes et intégrées, pour le diagnostic et le traitement du cancer par protonthérapie, la forme de radiothérapie la plus avancée à ce jour et dont il est le leader mondial. Ainsi IBA Industrial, une des 2 activités de la division *Autres Accélérateurs d'IBA*, vient de vendre à l'américain *NorthStar Medical Radioisotopes* 8 accélérateurs *Rhodotron® TT300 HE*, dont les 2 premiers ont fait l'objet d'un acompte. Le *Rhodotron® TT300 HE* affiche un prix de vente avoisinant les 6 millions d'euros. Les 2 premiers exemplaires devraient être opérationnels en 2021 dans le centre de production de *NorthStar* de Beloit (Wisconsin). La livraison des 6 machines suivantes s'étalera dans le courant des prochaines années. Cette flotte permettra à *NorthStar* de produire aux États-Unis du molybdène-99 (Mo-99), pour la fabrication de technetium 99m (Tc-99), radio-isotope le plus couramment utilisé pour diagnostiquer et établir la sévérité de maladies cardiaques, cancers, infections et inflammations entre autres.

Beaux débuts de carrière donc pour le *Rhodotron®*, dont les performances permettront à *NorthStar* de «*Devenir une société leader dans la production de radio-isotopes*» comme le souligne Stephen Merrick, President and Chief Executive Officer de *NorthStar*. Qui précise «*Grâce à ces accélérateurs, nous pourrions étendre la production de radio-isotopes aux États-Unis sans recourir à l'uranium.*» Heureux de ce contrat, Olivier Legrain, Chief Executive Officer d'IBA, ajoute que «*Le Rhodotron® est la machine par excellence pour réaliser ce type de technologie avancée avec des électrons, qui permet d'éviter les pénuries du très utilisé Mo-99, et ouvre l'opportunité de*

créer de nouveaux produits radiopharmaceutiques pour le diagnostic et le traitement de maladies graves.» Pour rappel, IBA Solutions Industrielles développe, installe et entretient des solutions pour divers marchés et applications variées via les accélérateurs *Dynamitron®* et *Rhodotron®*.

Toujours au rayon des bonnes nouvelles, IBA annonce avoir été sélectionné pour l'installation d'un centre de protonthérapie à 5 salles au Shenzhen Tumor Hospital (Chine), membre de l'Académie chinoise des Sciences médicales. Cette facilité sera dotée de la solution *Proteus®Plus* d'IBA et comportera 4 salles de traitement munies d'un portique rotatif et d'une salle avec ligne de faisceau fixe. Chaque salle disposera du mode de traitement *Pencil Beam Scanning* de dernière génération. À côté de ces équipements, le contrat comprend aussi l'opération et la maintenance pour plusieurs années ainsi que la conception de l'immeuble qui abritera le système. Montant total de la commande, 90 millions d'euros dont le financement est d'ores et déjà sécurisé. Si tout se passe bien, ce centre devrait être la 5^e solution de protonthérapie *Proteus®Plus* en Chine. **A**

 <https://www.northstarm.com>
<https://iba-worldwide.com/>

Pronostiquer la mousson...

Grand phénomène naturel de notre planète, la mousson est crainte pour ses inondations, alors, qu'en revanche, ses pluies torrentielles sont une source de vie pour l'agriculture asiatique. De là l'intérêt de mieux appréhender ses mécanismes.

Cette remarque vaut particulièrement pour l'Inde dont les cultures de riz, canne à sucre et graines oléagineuses font vivre directement et indirectement près de 800 000 millions de personnes. Si savoir, c'est pouvoir, encore faut-il disposer d'outils de mesure. Ici entre en jeu Lucrezia Terzi, collaboratrice scientifique associée au Centre d'Étude Nucléaire (SCK-CEN) et le béryllium-7. «Si depuis longtemps, nous savions que la concentration en béryllium-7 fluctue en permanence dans l'atmosphère, maintenant, nous pouvons également associer aux pluies de mousson les valeurs que nous mesurons à différents endroits», explique la chercheuse. Soit une manière originale de pronostiquer les pluies de mousson. Pour ce travail, Lucrezia Terzi exploite les données de l'International Monitoring System (IMS) «Dont les quelque 300 stations opérationnelles mesurent les activités sismiques, les vibrations dans l'atmosphère et dans les océans ainsi que les concentrations de particules radioactives» note Johan Camps, scientifique attaché au SCK-CEN et membre du Centre belge qui analyse les données de l'IMS. Pour mémoire, le système IMS vérifie si le *Traité d'interdiction complet des essais nucléaires* est bien respecté. «Le béryllium-7 est un radionucléide d'origine naturel, créé dans la haute atmosphère - sous l'effet de l'interaction du rayonnement cosmique et des molécules d'air - et qui se déplace vers la surface de la Terre avec la circulation atmosphérique. Nous mesurons en permanence le béryllium-7 qui est pour nous une excellente référence dans l'interprétation des mesurages suspects, pouvant indiquer une explosion nucléaire» précise Johan Camps.


Après avoir compilé les données relatives à l'Australie et à la Russie, sur la période 2003/2018 et les avoir posées le long de la documentation sur les moussons indiennes, Lucrezia Terzi a découvert que «Les concentrations moyennes en béryllium-7 fluctuent. Et que, lorsque les concentrations de béryllium-7 sont faibles en Australie, elles sont plus élevées en Russie et inversement. Le point où les données des 2 pays se rejoignent pouvant être lié aux moussons.» Par cette méthode, la chercheuse permet de prédire 52 jours à l'avance le début des moussons, avec une précision de +/- 3 jours ! Un sacré résultat lorsqu'on sait que les méthodes actuelles ne peuvent les prédire que dans une fourchette de une à 3 semaines à l'avance. Cette étude a fait l'objet d'un article dans le magazine *Nature*. 



 <https://www.nature.com/articles/s41598-019-39664-7>

Sur un autre registre...

Le SCK-CEN a conclu un partenariat avec l'Institut National des Radioéléments (IRE) quant au développement d'une solution structurelle pour la gestion des résidus hautement radioactifs issus de la production des radio-isotopes médicaux stockés à Fleurus par l'IRE. Des produits essentiels dans le diagnostic et le traitement de plusieurs maladies, dont le cancer. Pour rappel, annuellement 7 millions de patients dans le monde subissent un examen médical grâce à la production belge de Molybdène-99, le radio-isotope le plus utilisé en imagerie médicale. Actuellement 25% des radio-isotopes médicaux sont produits par le réacteur de recherche BR2 de Mol, puis traités par

procédures chimiques par l'IRE. Une activité dont les résidus, contenant encore des matières valorisables, s'accumulent à Fleurus, dans des conteneurs spéciaux. Fruit du partenariat signé entre le SCK-CEN et l'IRE, le projet *RECUMO* vise à traiter ces résidus pour les transformer en uranium faiblement enrichi et à les purifier ensuite à Mol, en vue d'obtenir une matière valorisable de haute qualité. Mené selon les normes le plus strictes en matière de sûreté nucléaire, *RECUMO* répond à nos engagements en termes de non-prolifération nucléaire et sera conduit en étroite collaboration avec la DG Énergie du SPF Économie et sous l'œil de l'Agence Fédérale de Contrôle Nucléaire. 

 <https://www.sckcen.be>
<http://www.ire.eu>

RAGI, le valet wallon

Nous nous souvenons d'Aibo, le chien de *Sony*, d'Aisimo, le premier humanoïde de *Honda* qui rencontra le président Obama, de Nao, Pepper, Roméo, etc. Humanoïdes ou non, les assistants intelligents envahissent notre quotidien. À l'usine, à la maison, à l'hôtel ou encore à l'hôpital, le système d'aide domestique est aujourd'hui notre *alter ego* ou presque ! La Wallonie ne pouvait donc rester les bras croisés devant les perspectives de cette évolution.

L'université de Liège (ULiège), en collaboration avec l'Institut Montefiore, a ainsi développé RAGI (Reconnaissance, Accueil, Guidance basé sur l'Intelligence artificielle), système d'accueil, de reconnaissance, de réception et de guidance des personnes dans les bâtiments. À gros traits, la formule fédère: robots, caméras, écrans et volées de calculs algorithmiques, grâce auxquels elle peut reconnaître et guider les personnes.

Une solution comme les autres ? Non, car l'originalité de la formule wallonne repose sur une reconnaissance faciale autonome. Alors que les produits classiques s'appuient sur la

mémorisation de l'image des personnes à reconnaître, avec RAGI, les photos du visiteur sont prises au moment où il se présente à la borne d'entrée. Et c'est dès cet instant que la personne est reconnue dans le bâtiment par le système.

RAGI comprend 50 caméras et peut localiser une centaine de personnes en temps réel. Particularité de la solution wallonne: être indépendant du cloud, ce qui fait qu'aucune image ne sort du système. Il ne dépend d'aucun service extérieur, a un contrôle total sur le temps d'exécution et son algorithme de reconnaissance est optimisé par rapport aux conditions d'utilisation spécifiques.

Dernière originalité, la partie robotique repose sur un guidage par robots de type *Loomo*, dotés d'un module supplémentaire d'intelligence artificielle, afin de pouvoir communiquer avec le reste du système et de se localiser dans l'immeuble lors de déplacements. Prototype actuellement en opération à l'Institut Montefiore, l'évolutivité de la solution pourrait conduire à la création de produits finis du genre: robot d'hôtel pour conduire et porter les bagages de clients, identification de personnes potentiellement dangereuses, etc. ^A

 <https://www.uliege.be> et <http://www.montefiore.ulg.be>



Nouvel outil de recherche

AGC Glass Europe a inauguré, il y a quelques semaines, 2 chambres anéchoïques dans son *AGC Technovation Center*, centre de Recherche et Développement de Gosselies (Charleroi). D'un montant de près de 10 millions d'euros, ce dernier outil permettra à AGC de développer et tester sa technologie de vitrages à antennes intégrées, concoctée en réponse aux besoins croissants en connectivité.

Tapissées de matériaux qui absorbent les radiations électromagnétiques pour prévenir toute réverbération sur les parois, ces volumineuses pièces logent tous les équipements utiles pour mesurer la réception/transmission d'ondes électromagnétiques pour une communication entre véhicules et avec leur environnement ainsi qu'à travers les fenêtres des immeubles. Un investissement qui ne chômera pas suite à la

montée en puissance des besoins que générera l'arrivée de la 5G et la voiture autonome.


Cet outil, qui créera une vingtaine d'emplois, servira également de plate-forme technologique pour les acteurs concernés par les problèmes de la connectivité en Wallonie: construction, téléphonie, pouvoirs publics, secteur des transports, etc. En démarrant ce nouvel outil, AGC montre une fois encore que l'excellence est bien en point de mire de sa stratégie opérationnelle, dont le client est la finalité. Actuellement, l'entreprise consacre la moitié de ses dépenses en R&D à la quête de solutions et produits innovants. ^A




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

Premier essai, premier succès

Décidemment, il ne se passe pas une semaine, sans que notre secteur de la santé n'annonce de nouveaux succès ou de nouvelles avancées. Aujourd'hui, c'est à *AuXin Surgery*, jeune pousse installée à Louvain-la-Neuve, de faire la Une de l'actualité économique et médicale, avec *CADISS*®, dispositif conçu pour épauler les chirurgiens lors de dissections délicates qui, après avoir obtenu son marquage CE, débute sa carrière commerciale dans 14 pays européens. Une étape importante pour *AuXin Surgery* et sa solution *CADISS*®, mise au point avec l'aide de la Wallonie.

Spécialement dédié à la dissection chirurgicale, *CADISS*® vise dans une première étape des pathologies complexes comme les tumeurs ORL et la chirurgie de la colonne vertébrale. D'autres pathologies devraient s'ajouter à la suite d'études en cours. L'originalité de *CADISS*® repose sur la combinaison d'instruments classiques avec une molécule pharmaceutique qui a pour effet de fragiliser les adhérences entre les tissus. Les effets de cette fragilisation sont des plus intéressants: moins de rechutes suite à l'ablation de tumeurs; moins d'effets secondaires liés aux dommages sur les tissus environnants; procédure chirurgicale facilitée; et temps d'opération potentiellement réduit. Le tout avec une garantie de qualité irréprochable et récurrente. «Afin de répondre au mieux aux besoins avérés des chirurgiens, nous accordons une importance capitale aux normes de qualité et sommes particulièrement actifs en Recherche & Développement ainsi qu'en contrôle de qualité de notre dispositif *CADISS*®» explique Gilles Capart, fondateur et PDG d'*AuXin Surgery*. Bref, avec *AuXin Surgery*, le monde médical compte un partenaire de plus et la Wallonie une nouvelle pépite économique. 

 <https://auxin.eu>

PALMARÈS CONCOURS



- | | |
|---|---|
| 1 | ISATWO - Collège Saint-Pierre d'UCCLE (voir photo ci-contre) |
| 2 | START ELEKTRONIK - Institut Robert-Schuman à EUPEN |
| 3 | CHEMISKY - Institut Sainte-Ursule de FOREST |



L'équipe **ISATWO** du Collège Saint-Pierre d'Uccle est sortie vainqueur de la finale qui s'est déroulée le 3 mai à l'aérodrome de la base militaire d'Elsborn pour le lancement des fusées et le 4 mai pour la présentation orale. Elle représentera la Belgique lors de la finale européenne qui se déroulera fin juin à Bologne (Italie). Bravo à eux !

 Follow us on Facebook! @CanSat Belgium @IsaTwo.cansat



COUP D'CRAYON

OLIVIER SAIVE/CARTOONBASE

L'homme, de tout temps, a toujours voulu relever des défis et en particulier, affronter la nature. Aucune raison que le toit du monde, le mont *Everest* de la chaîne de l'Himalaya, n'y échappe ! Depuis sa première tentative d'ascension en 1847 à nos jours, bon nombre d'aventuriers s'y sont risqués. Mais ces amoureux de l'aventure oublient parfois de prendre soin de notre point culminant, en abandonnant lors de leurs périple leurs kits de survie (eau, nourriture, oxygène, etc.). La française Marion Chayneaud-Dupuy se préoccupe de garder ce lieu intact en escaladant depuis 2013 ce sommet pour ramasser les déchets via son association *Clean Everest*. Elle a déjà récolté 8,5 tonnes de déchets ! Ne serait-ce pas là le plus beau défi relevé non par un homme mais par une femme ?

SUNRISE, l'énergie autrement

En 2050, toute utilisation de carburants fossiles devrait être compensée par une captation de CO₂ dans l'atmosphère. Atteindre cet objectif est un défi, un challenge que SUNRISE entend relever. Programme soutenu par l'Union européenne, SUNRISE doit s'atteler au développement d'une alternative durable pour la production de combustibles et de produits chimiques de base. Des activités aujourd'hui très énergivores et consommatrices d'énergies fossiles en quantité et que demain SUNRISE ambitionne de fournir par le soleil et les matières premières disponibles dans l'atmosphère. Parmi celles-ci, citons: le dioxyde de carbone (CO₂), l'oxygène (O₂), l'azote (N₂). En d'autres termes, SUNRISE voudrait générer une économie circulaire fondée sur l'énergie solaire.

«En recyclant le dioxyde de carbone, nous pourrions produire des combustibles solaires et des produits chimiques. Par exemple, le CO₂ produit par la combustion pourrait être capturé, concentré, puis reconverti en carburant, grâce à l'énergie solaire, au lieu de l'ajouter aux gaz à effet de serre de l'atmosphère. L'avantage de cette alternative ? Utiliser des ressources gratuites et infinies puisqu'il s'agit du soleil» explique avec conviction Gian-Marco Riganese, chercheur à l'Université de Louvain (UCLouvain), université qui participe au projet SUNRISE. Comment réaliser un tel pari ? Pour les chercheurs, l'idée, à court terme, est d'utiliser les énergies renouvelables déjà existantes, comme l'éolien ou le photovoltaïque, pour produire de l'énergie, et ainsi fractionner l'eau et ses composants (procédés électrochimique et électrolyse), puis produire d'autres combustibles solaires au niveau industriel. Ensuite, à moyen et long terme, l'ambition est de convertir directement l'énergie solaire par une photosynthèse artificielle. L'idée repose sur les plantes qui convertissent l'énergie solaire, l'eau et le dioxyde de carbone en glucides qui agissent comme des carburants. *«La photosynthèse artificielle fonctionne de la même manière, mais avec des matériaux créés par l'homme»* précise Gian-Marco Riganese.

Avant d'en arriver là, on imagine sans peine qu'il y aura de nombreux défis à relever ! *«Le principal challenge est celui des nouvelles technologies, soit développer des technologies pour atteindre 70% de la limite thermodynamique, en absorbant un maximum de lumière. Ensuite, il s'agira d'amener ces technologies à une échelle industrielle, sans que les coûts de production n'exploient. En développant, par exemple, des matériaux encore plus efficaces afin de capter le CO₂ de manière plus optimale»* conclut le chercheur néo-louvainiste. SUNRISE, est l'un des 6 programmes d'action de coordination et de

soutien de l'Union européenne dont le but est de lancer une recherche à grande échelle, en lien avec la transition. Chacun de ces projets travaille avec une enveloppe de 1 million d'euros. En 2020, 2 projets seront retenus et recevront 1 milliard d'euros pour mener à bonne fortune leurs travaux. Un budget à la hauteur des ambitions. **A**

 <https://www.sunriseaction.com>
<https://uclouvain.be>

Jolie récompense

Adriano Arrigo, doctorant à l'Université de Mons (UMONS) a été élu lauréat du Prix CREG 2018 pour son travail *«A Technical Survey on Optimal Power Flow Under Uncertainty: An Extensive Out-of-Sample Analysis»*. Plus simplement, ce mémoire de fin d'études concerne l'application de techniques d'optimisation stochastique, qui permettent de prendre en compte, à la clôture des marchés de l'énergie, de l'incertitude liée à l'état du système en temps réel.

Ainsi, via un processus intelligent de prise de décision, l'intégration d'unités de production d'électricité d'origine renouvelable nécessiterait peu ou pas d'investissements supplémentaires dans des mécanismes de réserves d'énergie. Dans la foulée, le jeune chercheur a également comparé, par une analyse numérique ex-post, ces techniques sur un même cas d'étude. Cette comparaison doit permettre aux régulateurs d'avoir plus rapidement une idée du gain, en termes de coût salarial, lié à l'implémentation de ces techniques d'optimisation dans les opérations de clôture du marché. Organisme fédéral, la CREG ou *Commission de Régulation de l'Électricité et du Gaz* décerne chaque année un prix couronnant le mémoire le plus innovant en rapport avec l'énergie. Une excellente initiative lorsqu'on sait l'importance que prendra cette dernière dans le monde économique de demain. **A**

 <https://web.umons.ac.be>
<https://www.creg.be>



L'essencia Innovation Award 2019 pour Estelle®

Une récompense largement méritée tant pour le produit que pour *Mithra*, entreprise au parcours sans faute, depuis sa fondation, comme spin-off de l'Université de Liège en 1999, par Jean-Michel Foidart et François Fornieri (voir photo ci-contre). Spécialiste de la santé féminine, *Mithra* joue aujourd'hui dans la cour des grands et est même sur le point de réinventer la pilule contraceptive. La rupture de *Mithra* tient ici en *Estelle*®, une nouvelle pilule contraceptive à base d'estérol (E4), un estrogène naturel produit par le foie du fœtus humain pendant la grossesse. Par son profil pharmacodynamique et pharmacocinétique, sa tolérance et son profil de sécurité, l'estérol (E4) pourrait, selon *Mithra*, représenter une percée majeure pour plusieurs niches de la santé féminine comme la contraception et la ménopause et dans des applications hors sphère féminine comme les cancers hormono-dépendants, l'ostéoporose, la neuro-protection et la cicatrisation des plaies. Bref, un estérol (E4) aux sacrés atouts en termes de prospective santé et une hormone que *Mithra* a réussi à reproduire grâce à un processus de production complexe. Un pari gagné comme le confirment les tests cliniques réalisés auprès de quelque 4 000 patients et qui montrent un fonctionnement efficace et sûr, avec en prime

moins d'effets secondaires pour la femme. À côté d'*Estelle*®, solution de contraception orale de 5^e génération, objet de l'*Award*, *Mithra*, toujours sur le registre de l'estérol (E4), planche également sur le *Donesta*®, traitement hormonal des symptômes vasomoteurs de la ménopause de nouvelle génération.

Les fondateurs de *Mithra* ont profité de la remise de ce Prix par Son Altesse Royale la Princesse Astrid, pour signaler la fin des tests cliniques et la mise sur le marché d'*Estelle*® l'année prochaine. «C'est une pilule made in Belgium, développée et produite dans notre pays pour être principalement exportée dans le monde entier. Si *Estelle*® est un blockbuster potentiel, qui impactera positivement sur l'économie nationale, nous avons également 2 autres produits à base d'estérol en cours de développement pour soulager les symptômes de la ménopause et de la périménopause» notèrent Jean-Michel Foidart et François Fornieri. D'un montant de 30 000 euros, la biennale *essencia Innovation Award* est le prix le plus important de l'innovation industrielle de notre royaume. *Mithra* ajoute aujourd'hui son nom à ceux de *BASF/Emulco*, *Agfa Graphic* et *GSK*, les vainqueurs des 3 premières éditions. A



<https://www.mithra.com>
<http://www.essencia.be>

LE CHIFFRE

900 milliards

Une enquête du *Boston Consulting Group (BCG)*, réalisée aux États-Unis et en Europe, montre que l'introduction de l'automatisation des processus par la robotique (APR) peut être évaluée à quelque 900 milliards de dollars, notamment par une baisse substantielle des coûts d'exploitation de 40%. En pratique l'APR automatise une foule de tâches: contrôle de fiches, rédaction de rapports, etc. Des tâches effectuées aussi plus rapidement, avec beaucoup moins d'erreurs et en libérant les collaborateurs d'un travail de routine qui peuvent ainsi se concentrer sur des opérations plus intellectuelles, créant davantage de valeur ajoutée pour leur organisation.

Concrètement, l'automatisation, par exemple, des processus du service clientèle améliore à la fois la rapidité et la qualité des prestations. D'après certaines estimations, la satisfaction des clients peut croître ici de 10 à 20%. Résultat qui les incite à acheter plus rapidement à l'avenir. Autre atout de l'APR: plus une société est automatisée, plus sa direction a une vue exacte et en temps réel des chiffres et résultats de chacun de ses départements. Cette vision permanente des activités permet de prendre des décisions ou des réactions plus rapides et mieux éclairées, permettant aussi de profiter d'opportunités pour booster la croissance. Avec l'APR, il est possible de recruter de 30 à 40% plus vite, de rédiger des rapports 50 à 75% plus rapidement, de faire chuter les frais généraux de 5 à 20% et *last but not least* d'obtenir plus rapidement le paiement des factures. *Boston Consulting Group* est une entreprise globale de conseil en management dont l'approche analytique combine une connaissance approfondie de la dynamique des sociétés et des marchés à une étroite collaboration à tous les niveaux de l'entreprise cliente. A

<https://www.bcg.com>





Qui est-ce ? Irène JOLIOT-CURIE

TEXTE : JACQUELINE REMITS - JACQUELINE.REMITS@SKYNET.BE
PHOTOS : ROGER-VIOLLET(P.10)

je forme en leur indiquant l'emplacement exact des projectiles reçus par les soldats. Dès 1917, je reprends mes études supérieures de mathématiques, physique et chimie à la Faculté des sciences de la Sorbonne. Parallèlement, je forme les infirmières à la radiologie au laboratoire Curie de l'Institut du Radium. En 1918, tout en achevant mes licences, j'entre comme préparatrice de ma mère au laboratoire Curie. En 1920, diplômée, je deviens son assistante et je commence une thèse sur les rayons alpha du polonium que je soutiens en 1925. L'année suivante, j'épouse Frédéric Joliot. À l'Institut du Radium, nous travaillons ensemble sur la radioactivité naturelle. Nous aurons 2 enfants, Hélène en 1927 et Pierre en 1932. Pendant nos vacances, nous pratiquons de nombreuses activités sportives: tennis, natation, voile, randonnée, ski, fréquentant les nouvelles pistes de Haute-Savoie. Nous passons nos étés en Bretagne, face à l'île de Bréhat, près de Paimpol, où j'allais déjà avec ma mère et ma sœur. Au décès de ma mère en 1934, je poursuis mes recherches à l'Institut du Radium et seconde le nouveau directeur. En 1937, en remplacement de mon mari, nommé professeur au Collège de France, je suis promue maître de conférence et en 1946, professeure à la chaire de physique générale et radioactivité à la Faculté des sciences de Paris. Atteinte de tuberculose dès les années 30, je dois régulièrement séjourner en sanatorium. Pendant l'Occupation, je pars me soigner plusieurs mois en Suisse. En 1946, je suis nommée directrice du laboratoire Curie, à la chaire de physique générale et radioactivité précédemment occupée par

Je suis...

La fille de Marie et Pierre Curie. J'ai 7 ans à la naissance de ma petite sœur, Denise-Eve, et 8 quand mon père meurt renversé par une voiture. Ma mère, réfractaire aux méthodes de l'enseignement public, organise pour nous, ses filles, et les enfants de ses amis universitaires, une coopérative d'enseignement. Je complète mon cursus par quelques cours au collège Sévigné. Très bonne élève en sciences et en maths, j'obtiens mon baccalauréat en 1914. J'ai 17 ans quand la guerre est déclarée. J'accompagne ma mère sur le Front pour pratiquer des radiographies de blessés. Plus tard, dans l'ouvrage que je lui consacrerai, je dénommerai les véhicules aménagés les «petites Curie» (voir *Athena* n°335, p. 11). En 1915, après avoir passé un diplôme d'infirmière, j'étonne les médecins militaires que



CARTE D'IDENTITÉ

NAISSANCE: 12 septembre 1897, Paris (France)

DÉCÈS: 17 mars 1956, Paris (France)

NATIONALITÉ: Française

SITUATION FAMILIALE: Mariée, 2 enfants

DIPLOME: Mathématiques, physique et chimie à la Faculté des sciences de la Sorbonne à Paris

CHAMPS DE RECHERCHE: Chimie, radioactivité artificielle

DISTINCTIONS: Médaille d'or Matteucci de la Société italienne des sciences (1932), Prix Nobel de chimie (1935), Officier de la Légion d'honneur (1939)

ma mère. Une direction que j'exercerai pendant 10 ans. En 1954, dans une tribune libre du journal *Le Monde*, je demande au gouvernement de s'engager à financer un nouvel Institut de physique nucléaire. Il sera installé près d'Orsay. Mais je n'en verrai pas la fin, car je suis emportée par une leucémie liée à mon exposition au polonium et aux rayons X, comme ma mère l'avait été.

À cette époque...

L'année de la naissance de ma sœur Eve, le Russe Ivan Pavlov reçoit le prix Nobel de médecine pour ses travaux sur la physiologie de la digestion. Il a développé la théorie selon laquelle les animaux, dans certaines conditions, peuvent acquérir un comportement donné, ce qu'on appellera le réflexe de Pavlov. En 1932, l'année où Frédéric et moi nous découvrons la radioactivité artificielle, Franklin D. Roosevelt est élu président des États-Unis. En 1946, quand je deviens directrice du Laboratoire Curie et que je reprends la chaire de physique et radioactivité à l'Institut du Radium, poste précédemment occupé par ma mère, son ami Paul Langevin meurt. Grand défenseur de la loi de la relativité, il dirigeait l'École de physique et chimie. On lui doit le sonar qui a permis la détection sous-marine durant la Première Guerre mondiale.

J'ai découvert...

La radioactivité artificielle, conjointement avec mon mari Frédéric Joliot-Curie, une découverte pour laquelle nous obtiendrons le prix Nobel de chimie. Nous travaillons tous deux au Laboratoire Curie sur la radioactivité naturelle. Notre découverte, en 1932, du phénomène de projection de protons par un rayonnement de nature alors inconnue est une étape majeure vers la découverte du neutron par James Chadwick. Nous publions nos recherches sur un nouveau processus d'absorption des rayons gamma par création de paires d'électrons. Nos résultats sur l'existence de possibles «électrons positifs de transmutation» sont contestés au *Conseil de physique Solvay* de 1933. Reprenant nos expériences, nous découvrons que ces électrons sont produits par un nouveau type de radioactivité, par émission d'électrons positifs. Quinze jours plus tard, nous donnons une preuve chimique de l'existence du premier radioélément artificiel, le phosphore 30, ainsi que d'un second, l'azote 13. Cette découverte de la radioactivité dite artificielle nous vaut l'attribution du prix Nobel de chimie. Nous poursuivons nos travaux pour identifier les radioéléments, ou isotopes, susceptibles d'être utiles à la médecine, à la géologie, ou à la chimie. À l'Institut du Radium, j'entreprends des recherches sur les isotopes du phosphore et

radioactifs créés par bombardement de neutrons dans les éléments lourds, thorium et uranium. Les résultats que j'obtiens en 1938 sur un radio-élément artificiel de propriétés chimiques très difficiles à distinguer de celle du lanthane me mènent très près de la découverte de la fission du noyau d'uranium. Deux Allemands, Hahn et Strassmann, l'annonceront en 1939. Après la Seconde Guerre mondiale, je reprends mes travaux de recherche. Je m'intéresse à la technique nouvelle des émulsions nucléaires et je l'utilise pour la recherche d'une possible radio-activité naturelle. ¹

SAVIEZ-VOUS QUE...

Irène Joliot-Curie a été l'une des 3 premières femmes membres d'un gouvernement français en devenant sous-secrétaire d'État à la Recherche scientifique, sous le Front populaire en 1936. En 1946, elle est l'un des 6 commissaires du nouveau *Commissariat à l'énergie atomique (CEA)* créé par de Gaulle et le Gouvernement provisoire de la République française, à une date où les Françaises n'ont toujours pas le droit de vote (elles l'obtiendront en 1944). Si elle a accepté ce poste pour une durée limitée, c'est pour soutenir la cause féministe et celle de la recherche scientifique.

Militante antifasciste, elle a soutenu les réfugiés espagnols. Invitée en 1948 par le comité new-yorkais d'aide aux réfugiés espagnols antifascistes, elle est arrêtée comme personne indésirable et incarcérée à Ellis Island.

Militante pacifiste, elle s'est élevée contre les usages militaires de l'énergie nucléaire (bombes atomiques) et elle a obtenu le *Prix international de la paix* du *Conseil mondial de la paix* en 1950. Militante féministe, elle a été membre de l'*Union des Femmes Françaises*. Refusée par l'*Académie des sciences* en 1951, elle a décidé de se représenter à chaque occasion afin de dénoncer l'exclusion des femmes de cette institution.

Toujours restée en contact avec la branche maternelle de sa famille, lors de l'un de ses séjours en Pologne, elle a commandé à une sculptrice de Varsovie un buste de ses parents. Offert en 1950 par la Pologne à l'Institut du Radium, il est installé dans le jardin du Laboratoire Curie.

En France, de nombreux établissements scolaires portent le nom de Joliot-Curie.

Créé en 2001 par le Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche, le *prix Irène Joliot-Curie* récompense des femmes scientifiques pour leur travail, dans 3 catégories: jeune scientifique, scientifique confirmée et femme en entreprise.



Et ... plouf !

Tout doucement, l'été approche. Et avec la canicule que nous avons connue l'année passée, mieux vaut se préparer à avoir chaud à nouveau. Ce qui est toujours agréable en cas de fortes chaleurs, c'est un petit tour à la piscine. Rien de tel pour se rafraîchir et se remettre les idées en place. Mais comment fonctionne une piscine ? Comment est-elle filtrée et entretenue ? Piquons une tête et allons voir de plus près: à vos maillots de bain !

TEXTE : VIRGINIE CHANTRY • VIRGINIE.CHANTRY@GMAIL.COM
PHOTOS: DESIGNED BY FREEPIK (P.12), © FLIPR.FR (P.15)

Une piscine, ce n'est pas qu'un trou creusé dans le sol, protégé d'un revêtement, rempli d'eau et muni d'une échelle... Loin de là ! Tout un système de filtration de l'eau est intégré au bassin dès sa conception afin de garantir une eau constamment propre et de bonne qualité pour les baigneurs. Trois paramètres sont principalement pris en compte à ce niveau: l'alcalinité de l'eau, son pH et sa dureté. La première, aussi appelée TAC pour «Titre Alcalimétrique Complet», est la concentration de l'eau en ions (1) carbonates et bicarbonates. Elle assure la stabilité du pH (voir ci-après). Si elle est trop élevée, la piscine peut devenir

trouble à cause de dépôts de tartre notamment. Alors que si elle est trop basse, le pH n'en fera qu'à sa tête et ne sera pas stable. Justement le pH pour «potentiel Hydrogène» correspond au taux d'acidité de l'eau ou plutôt à son équilibre acido-basique: c'est la concentration en ions d'hydrogène dans l'eau. L'échelle du pH varie entre 0 et 14. À 7, l'eau est neutre, en-dessous elle est acide et au-dessus elle est basique. Pour une piscine, l'idéal est d'avoir un pH neutre ou légèrement basique, entre 7,2 et 7,4. Si ce n'est pas le cas vous risquez d'avoir quelques soucis comme l'apparition d'algues dans le bassin, une irritation des yeux et de la peau lors des baignades ou une détérioration de votre installation. Enfin, la dureté de l'eau ou TH pour «Titre Hydrotimétrique» est un indicateur de la minéralisation de l'eau c'est-à-dire qu'il donne la concentration de l'eau notamment en calcium et en magnésium. Le TH varie donc d'une région à l'autre. Si l'eau est trop dure (donc trop calcaire), des dépôts blanchâtres de tartre peuvent apparaître dans le bassin et même enrayer la mécanique. L'eau doit donc être relativement douce pour épargner votre installation.

Ces 3 paramètres sont étroitement corrélés. Il existe des dispositifs électroniques ou manuels de test pour les mesurer et rectifier le tir si nécessaire à l'aide de produits correcteurs: pH⁺ pour augmenter un pH trop bas, pH⁻ pour diminuer un pH trop haut, etc. À cela doit être ajouté un système de désinfection, par exemple chimique comme le chlore disponible sous forme liquide, de tablettes ou de poudre.

La filtration: procédé essentiel

En plus de cet équilibre à trouver pour avoir une eau de qualité, toutes les piscines sont également équipées d'un système de filtration, processus mécanique qui assure une eau propre, sans impuretés. Le circuit hydraulique d'une piscine classique (sans débordement) est composé de plusieurs éléments essentiels: la pompe, dotée d'un moteur qui assure la circulation de l'eau dans le circuit, le système de filtration à proprement parler, les skimmers et la bonde de fond par lesquels est « aspirée » l'eau (environ 2/3 par les skimmers et 1/3 par la bonde de fond) et les buses de retour, grâce auxquelles l'eau est réinjectée dans la piscine, en plus de tout un réseau de canalisations aux sections et longueurs bien étudiées. Les skimmers sont des dispositifs placés sur les bords de la piscine, à hauteur de la surface de l'eau. Comme leur nom emprunté à l'anglais l'indique, ils « écrèment » la surface de la piscine. L'eau y est filtrée une première fois au moyen de paniers qui retiennent les déchets les plus gros comme les feuilles et certains insectes. Ils doivent être nettoyés régulièrement et ils peuvent également accueillir des pastilles de chlore, si vous avez opté pour la désinfection chimique, ou de tout autre produit. La bonde de fond se trouve au fond de la piscine et permet d'aller y chercher l'eau plus froide. L'eau pompée à travers les skimmers et la bonde de fond passe à travers un préfiltre, panier plus fin que ceux des skimmers, pour débarrasser l'eau des impuretés de taille « moyenne » qui n'auraient pas été retenues par ces derniers (par exemple des brins d'herbe ou des cheveux). Elle passe ensuite par un filtre, genre de citerne contenant un lit filtrant, qui la nettoie des impuretés plus fines (poussières, etc.). Il existe plusieurs types de filtres traditionnels, pour lesquels le groupe de filtration est séparé du bassin: à sable, à cartouches ou encore à diatomées. Dans le filtre à sable qui est le plus courant en raison de sa facilité d'entretien, l'eau traverse de haut en bas les grains de sable qui retiennent les particules fines. Les filtres à cartouche fonctionnent, comme leur nom l'indique, avec une cartouche de filtration disposée dans un cylindre et qu'il faut souvent entretenir et même remplacer. La cartouche est composée d'un « tissu » en fibres végétales ou synthétiques plié en accordéon pour augmenter la surface de filtration sans devoir augmenter la taille du cylindre. Le filtre à diatomées, quant à lui, est le plus efficace, car il retient des impuretés extrêmement fines, et le plus coûteux. Il fonctionne avec une poudre blanche très fine, la diatomite, à la place du sable. Cette diatomite provient de sédiments (2) fossiles de la diatomée, une algue microscopique monocellulaire dont l'enveloppe

externe est siliceuse (composé de silice, ou SiO_2 , que l'on trouve dans nombre de minéraux). Cette poudre est introduite dans le système de filtration par les skimmers et se fixe sur des supports prévus à cet effet dans le filtre. Lorsque la circulation de l'eau est arrêtée, les diatomées se déposent au fond du filtre.

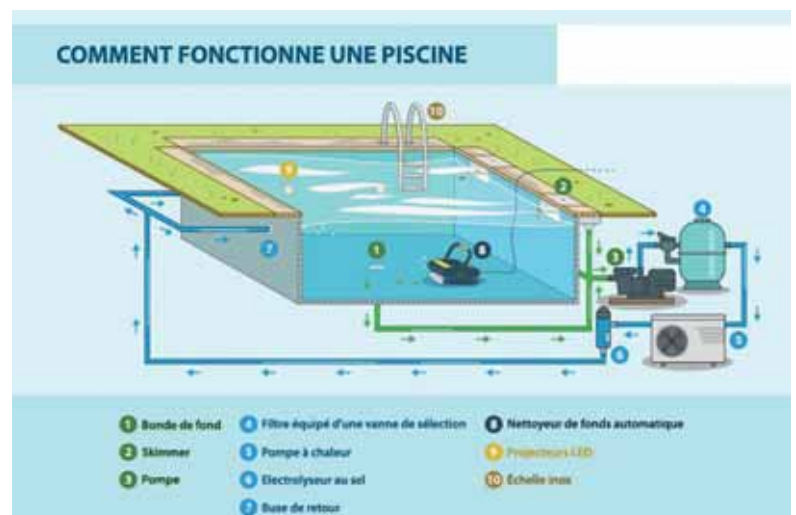
La qualité de l'eau d'une piscine repose sur 3 paramètres: le Titre Alcalimétrique Complet ou TAC, le potentiel Hydrogène ou pH et le Titre Hydrotimétrique ou TH de l'eau.

Toute l'eau du bassin doit être filtrée plusieurs fois par jour (entre 1 et 6 fois) selon par exemple la fréquentation de la piscine (plus elle est fréquentée, plus elle risque de comporter des impuretés). Le filtre et la pompe doivent donc convenir au volume d'eau de la piscine et former un système cohérent: le débit de la pompe doit être adapté à la capacité du filtre. Il existe d'ailleurs des groupes comprenant filtre et pompe sur un même support et étudiés pour fonctionner de pair. À noter que le système de filtration lui-même doit également être nettoyé de temps à autre afin de garantir son bon fonctionnement. Cela s'appelle un « backwash » pour les filtres à sable: l'eau traverse alors la cuve de sable de bas en haut (à l'inverse de la filtration) et emporte les impuretés retenues par le sable avant d'être évacuée vers les égouts par exemple.

Une fois filtrée, l'eau passe ensuite éventuellement par un système de chauffage (pompe à chaleur, système fonctionnant à l'énergie solaire, ...) pour être réinjectée dans la piscine par les buses de retour habituellement situées du côté opposé des skimmers afin d'assurer un brassage optimal de l'eau de la piscine. En effet, il faut minimiser les « zones mortes » et s'assurer que l'eau

⁽¹⁾ Un ion est une particule composée d'un ou plusieurs atomes et qui a perdu ou gagné un ou plusieurs électrons. Dans le premier cas la particule est chargée positivement et on parle d'ion positif ou de cation. Dans le second cas elle est chargée négativement et on parle d'ion négatif ou d'anion.

⁽²⁾ Particules emportées par l'érosion qui peut être due à l'eau, à la glace ou au vent, et provenant de l'usure des continents (roches) ou d'êtres vivants. Sous l'effet de la gravité, ces particules se déposent en couches successives.





1. Depuis 2017, la plus grande piscine du monde est le lagon artificiel faisant partie du complexe hôtelier Citystars à Sharm El Sheikh en Égypte. Ce lagon s'étend sur une surface de 120 000 m², ce qui correspond à presque 100 piscines olympiques.

2. La 2^e plus grande piscine du monde est longue de 1 013m ! Située au Chili, le long de la plage de San Alfonso del Mar, la piscine d'Algarrobo atteint par endroit 3,50m de profondeur. Il a fallu 250 millions de litres d'eau de mer pour la remplir.



1

de chaque recoin de la piscine finisse par passer par le système de filtration et par être brassée, ce qui assure également la répartition dans tout le bassin des produits de traitement de l'eau ainsi qu'une homogénéité thermique. Il est souvent conseillé de renouveler entièrement l'eau de la piscine tous les 3 ans, ou en tout cas d'en renouveler un tiers par an. Certaines piscines sont également équipées d'un régulateur de niveau de l'eau. Comme son nom l'indique, ce dispositif peut détecter une baisse du niveau de l'eau dans le bassin et réinjecter automatiquement de l'eau le cas échéant. Pour couronner le tout, peuvent être installés des projecteurs LED, en lumière blanche ou de couleur, sur les parois de la piscine, sous la surface de l'eau. Il existe également des lampes flottantes. À vous les baignades nocturnes et la jolie piscine de nuit. Et ce n'est pas tout ! Passons en revue ci-après quelques accessoires et dispositifs indispensables ... ou pas !

Nettoyage

Au niveau du nettoyage des parois de votre piscine, cela peut se faire à la main, à l'aide d'un balai aspirateur doté éventuellement d'un manche télescopique. Mais cela peut également être réalisé par un robot qui assure la propreté du fond de la piscine et, selon le modèle, également des parois latérales et de la ligne de flottaison. Certains doivent se brancher sur le système de filtration de la piscine via les skimmers ou la prise balais (dédiée, comme son nom l'indique, au balai aspirateur et reliée au système de filtration), alors que d'autres sont complètement autonomes et possèdent un filtre interne. Ils sont en général programmables et vous pouvez choisir entre plusieurs cycles de nettoyage. Selon le revêtement de votre piscine (coque en polyester, carrelages, béton, liner, etc.), il faudra plutôt vous diriger vers un robot équipé de brosses en mousse ou de picots en PVC par exemple.

⁽³⁾ *Décomposition chimique de certaines substances en solution sous l'influence du passage d'un courant électrique.*

Doseur automatique de chlore

Il est également possible d'équiper sa piscine d'un doseur de chlore qui fonctionne de manière automatique. Ce dispositif mesure le pH de l'eau et le taux de chlore, et en fonction de ces paramètres, injecte du chlore dans l'eau via le circuit hydraulique afin de réguler ce dernier. L'idéal est de placer le dispositif de dosage après le système de filtration. Un autre moyen plus écologique et plus doux de désinfecter l'eau est l'électrolyse ⁽³⁾ grâce au sel en solution dans l'eau. Un électrolyseur doit être placé sur le circuit de filtration: il assure un traitement automatique de l'eau. Pour ce faire, l'eau doit donc contenir un peu de sel, à peine 3 à 4g au litre donc environ 10 fois moins que la salinité moyenne de l'eau de mer. Lorsque l'eau passe dans l'électrolyseur, un faible courant transforme les molécules de sel (NaCl ou chlorure de sodium) en hypochlorite de sodium (NaClO) qui est justement la substance active du chlore. Cette dernière retourne ensuite à l'état de sel sous l'effet des UV du soleil et au contact des matières organiques et le cycle de désinfection peut alors recommencer. Si vous coupez l'électrolyseur à un régulateur automatique de pH, la qualité de l'eau de votre piscine est assurée à tout moment sans intervention de votre part. Doté d'une sonde contrôlant le pH, le régulateur est relié à des réservoirs de produits correcteurs de pH (pH⁺ ou pH⁻) et injecte la quantité nécessaire du produit adéquat afin d'ajuster le pH.

Bâche électrique

Une piscine peut être couverte par un volet électrique quand elle n'est pas utilisée. Cela la protège des impuretés naturelles telles que les feuilles, diminue la quantité d'eau qui s'évapore et les déperditions de chaleur, ce qui est particulièrement utile si la piscine est chauffée. De plus,






2

certaines volets sont suffisamment rigides pour constituer une sécurité: les animaux (oiseaux, chats, chiens, ...) y marchent sans risque de tomber dans la piscine et il en va de même pour les enfants et adultes, selon le type de volet choisi. Une autre solution est la bâche classique, qui se tire manuellement, par exemple à bulles et qui vient épouser la surface de l'eau. Il faut alors également posséder une bâche plus robuste et qui couvre entièrement la piscine (bords inclus) pour l'hiver. Attention d'ailleurs à veiller à hiverner votre piscine correctement. Votre pisciniste vous guidera dans le choix de flotteurs et de liquides d'hivernage adéquats. Il faut en effet, même l'hiver, lutter contre la prolifération des bactéries, des algues et se prémunir d'un éventuel froid intense qui pourrait occasionner des dommages à votre installation.

Bien entendu, vous pouvez également rendre votre piscine «connectée» grâce à la domotique et ce à plusieurs niveaux: éclairage, analyse et traitement de l'eau, nettoyage, chauffage... Tout cela peut alors être contrôlé et programmé depuis votre smartphone, où que vous soyez ! L'entretien d'une piscine de façon manuelle demandant pas mal d'efforts et de temps, cela devrait vous simplifier la vie. De plus, l'optimisation des ressources (eau, électricité, produits d'entretien, etc.) est alors garantie dans de bonnes conditions d'utilisation.

Bref, il y a l'embarras du choix dans le type de piscine et l'équipement qui va avec ! Nous sommes loin d'avoir fait le tour de la complexité du fonctionnement de ces installations ! Je ne sais pas vous mais moi tout cela m'a donné envie d'aller piquer une tête... Et ... plouf ! 

Toutes les références peuvent être obtenues auprès de virginie.chantry@gmail.com ou sur la version digitale.

TECHNO-ZOOM

Étant donné que nous avons tous pris la peine d'enfiler nos maillots de bain, restons à la piscine pour ce Techno-Zoom avec *Flipr2*, conçu par nos voisins français. Il se compose d'un dispositif qui n'est pas sans rappeler un aileron de dauphin et qu'il faut placer à la surface de l'eau. Il mesure en temps réel le taux de désinfectant dans l'eau de la piscine à condition qu'il s'agisse de chlore, de sel ou de brome, ainsi que le pH et la température. Il vous assiste ensuite, grâce à une application sur smartphone, dans la rectification éventuelle en vous conseillant le produit à utiliser et sa quantité: fini le gaspillage et les dosages approximatifs. *Flipr Alert* vous avertit via une notification si une mesure est anormale et *Flipr Predict* anticipe les éventuelles fluctuations des différents paramètres selon un algorithme qui prend en compte l'historique de vos relevés et des données météorologiques notamment. L'application donne alors des solutions concrètes pour remédier au problème, qu'il soit anticipé ou avéré. *Flipr2* peut flotter à la surface de l'eau ou être attaché au bord grâce à une fixation avec ventouse. Il communique avec l'application par *bluetooth* ou via le réseau *SIGFOX* développé en France et dédié aux objets connectés (couverture dans de nombreux pays dont la Belgique). Nombre d'autres dispositifs similaires sont également disponibles sur le marché.

 <https://www.goflipr.com/>





Déchets nucléaires: et maintenant, on fait quoi ?

Que l'on arrête ou poursuive l'exploitation des centrales nucléaires, la question de la gestion des déchets nucléaires se pose. La France et le Canada avancent sur leur projet d'enfouissement géologique, en menant des consultations publiques. En Belgique, aucune décision politique n'a été prise à ce sujet: ni concernant l'option à privilégier sur le long terme, ni sur la manière d'y arriver

TEXTE: ANNE-CATHERINE DE BAST · ANNECATHERINEDEBAST@YAHOO.FR
PHOTOS: © TIERO (P.16), CC AURÉLIEN GLABAS (P.19)

À l'heure où la mobilisation pour le climat est plus forte que jamais, les dépenses énergétiques sont au cœur des préoccupations. Et avec elles, la question de la fermeture ou de la prolongation de l'exploitation des centrales nucléaires. Mais qu'on soit pour ou contre, que faire des déchets qui en résultent ? Des matières «existantes» qui ne feront qu'augmenter si on poursuit l'exploitation des centrales nucléaires, certes, mais la question se pose quelle que soit la quantité produite.

En Belgique, on tarde à se positionner. Avec le risque de refile la patate chaude aux générations futures. Lesquelles ? Difficile à dire. Car c'est bien ce qui est compliqué quand on évoque le nucléaire: l'échelle de temps est très éloignée de notre quotidien. On parle de centaines, de milliers d'années. «Le nucléaire n'est pas juste une question d'experts ingénieurs et de géologues, constate Céline Parotte, politologue et Docteur en sciences politiques et sociales. Le sort des déchets ne concerne pas uniquement les producteurs de déchets, comme les producteurs d'énergie nucléaire considérés comme les premiers responsables selon le principe du pollueur-payeur. Les décideurs politiques et surtout l'ensemble de la population doivent aussi pouvoir s'impliquer et avoir leur mot à dire. On parle ici de gestion à très long terme. Cela signifie que les réflexions scientifiques et sociétales vont être menées sur plusieurs générations, dans plusieurs sociétés successives en constante évolution. Les attentes et les certitudes d'aujourd'hui pourront ne pas être celles de demain. Bref, tout le monde a quelque chose à dire sur le sujet !»

Immersion en mer, évacuation dans les fonds marins ou dans la calotte glaciaire, entreposage perpétuel en surface, enfouissement en sous-sol. Les propositions sur l'avenir des déchets nucléaires ne manquent pas. Mais à l'heure actuelle, rien n'est encore décidé même si certaines options ont vite été écartées. «L'ONDRAF (Organisme national des déchets radioactifs et des matières fissiles enrichies) est en faveur du dépôt géologique dans de l'argile de Boom ou d'Ypres, moyennant certaines conditions, ajoute Céline Parotte. Mais de son côté, l'AFCN (Agence fédérale de contrôle nucléaire) estime que les études actuelles sur le type de sous-sol à privilégier ne sont pas suffisantes. Depuis 2011, l'ONDRAF attend une décision de principe du gouvernement qui ne vient pas. Ils sont dans l'attente de pouvoir approfondir les recherches sur les pistes qui seraient validées par le gouvernement.»

Le dépôt géologique, la moins mauvaise solution

Il y a un demi-siècle, la Belgique était pourtant pionnière en matière de nucléaire. Le développement des réacteurs a démarré dans les années 50 et les premières centrales nucléaires ont été raccordées au réseau en 1975. À l'époque, la décision est prise d'entreposer les déchets radioactifs sur site, là où ils sont produits.

Mais au fil du temps, les déchets s'accumulent. Une politique de retraitement est lancée fin des années 70: une partie du combustible usé est envoyée à La Hague, en France, où elle est traitée, avant de revenir en Belgique. En 1993, le gouvernement vote la fin de cette pratique. Les déchets restent sur les sites où ils sont produits. Soit à Doel et à Tihange.

En parallèle, durant des années, les déchets faiblement radioactifs étaient jetés en mer. «À l'époque, cette pratique était considérée comme normale. Face à une levée de boucliers notamment des mouvements écologistes, il fallait trouver d'autres solutions sur le long terme pour l'ensemble des déchets radioactifs. Les chercheurs se sont vite rendu compte que de nombreuses solutions, comme les évacuer dans les calottes glaciaires ou les envoyer sur la lune étaient farfelues, impossibles ou dangereuses à mettre en œuvre. Très vite, il y a eu un consensus scientifique international. Qu'est-ce qui reste le plus stable sur des périodes de temps aussi longues ? Le sous-sol, qui n'est pas sujet à des variations provoquées par l'homme. Le dépôt géologique serait considéré par de nombreux experts

QU'EST-CE QU'UN «DÉCHET RADIOACTIF» ?

Un **déchet radioactif** ressemble à un déchet traditionnel (outil, matériau, substance,...), mais il contient des substances émettant un rayonnement ionisant due à son utilisation. «Il peut par conséquent endommager des tissus vivants et représenter un danger pour notre santé. Tant que la radioactivité présente dans les déchets ne diminue pas par décroissance naturelle jusqu'au niveau de fond naturel, il faut veiller à ce que le rayonnement ne présente pas de danger pour l'homme et l'environnement», précise l'ONDRAF sur son site Internet. Ces déchets ne présentent pas tous le même niveau de radioactivité et requièrent donc des traitements différents. À cet effet, ils sont classés en différentes catégories.

«Le critère principal pour définir les classes de déchets est la sûreté à long terme, indique l'AFCN. Les déchets radioactifs sont généralement classés en fonction de la quantité de rayonnement émis, du type de rayonnement et de la durée pendant laquelle ils continueront à émettre des rayonnements. Sur base de ces caractéristiques, ils peuvent être classés en fonction du degré de confinement et d'isolation du stockage définitif nécessaire pour assurer leur sûreté à long terme, compte tenu des risques potentiels liés aux différents types de déchets.»

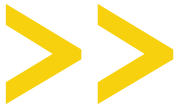
Les déchets radioactifs sont classés comme étant de faible, de moyenne ou haute activité en fonction des niveaux de rayonnement qu'ils émettent. Ils se caractérisent aussi par leur durée de vie, correspondant à la période durant laquelle ils émettent des rayonnements.

Lorsqu'on parle de **déchets «nucléaires»**, on évoque ceux produits par les centrales nucléaires. Plus globalement, les déchets radioactifs sont ceux que produisent les centrales, mais aussi ceux d'autres producteurs, comme le *Centre d'énergie nucléaire*, l'industrie médicale, l'agriculture ou la recherche.

Pour les déchets faiblement radioactifs, une solution de long terme est déjà validée par le gouvernement depuis 2006. Ils seront entreposés en surface à Dessel, dans des structures conçues pour cet usage. La mise en dépôt définitive démarrera en 2024, une fois les travaux terminés.

à l'heure actuelle comme la meilleure, ou la moins mauvaise solution pour gérer les déchets hautement radioactifs.» Concrètement, il s'agit d'isoler les déchets dans une couche stable du sol, située à plusieurs centaines de mètres de profondeur pour limiter les infiltrations d'eau ou les tremblements de terre susceptibles d'altérer la matière, entourée de barrières artificielles. De quoi assurer la sûreté à long terme en les isolant, en les confinant et en retardant la libération des substances problématiques.





Entreposage temporaire

En Belgique, des tests sont menés depuis les années 80 au sein du laboratoire souterrain HADES, situé dans l'argile de Boom, à 225 mètres de profondeur. Des experts y testent des technologies permettant le stockage dans des conditions proches du réel, dans une couche argileuse profonde et à long terme, pour évaluer la sûreté de la méthode.

Mais en attendant qu'une décision soit prise, les déchets s'amassent sur les sites nucléaires. Actuellement, en Belgique, on dénombre 2 types d'entreposage «temporaire». En sachant que les structures de confinement actuellement envisagées vieillissent plus rapidement que les risques, elles nécessitent donc d'être régulièrement adaptées aux normes de sûreté les plus sévères.

À Doel, les combustibles usés sont entreposés à sec, dans des installations en surface prévues spécialement à cet effet. À Tihange, ils sont immergés en piscine, même si, depuis peu, un

nouveau projet de stockage temporaire prévu pour les futurs combustibles usés est sur les rails.

«Electrabel S.A a précisé, lors de la réunion publique d'information préalable, être arrivé à une capacité maximale d'entreposage compte tenu de la durée de vie des unités, indique la chercheuse. Pour stocker les prochains combustibles usés, les gestionnaires de la centrale construiront un ensemble de 3 nouveaux bâtiments en privilégiant cette fois l'entreposage à sec, comme en Flandre. Selon le producteur de déchets, l'avantage de l'entreposage à sec serait que les matières sont plus faciles à transporter et à stocker. À Tihange, ils pourraient d'ailleurs envisager de ressortir une partie du combustible qui est en piscine pour le mettre à sec et ainsi tout centraliser en un seul endroit de stockage temporaire». Autrement dit, ils pourraient réorganiser l'entreposage des déchets jusqu'à ce qu'une décision soit prise et appliquée. En gardant en mémoire que «temporaire», à l'échelle du nucléaire, signifie plusieurs dizaines d'années. La durée de vie des bâtiments envisagés à Tihange est estimée à 80 ans. ^A



BIO EXPRESS

Céline Parotte est politologue, Docteure en sciences politiques et sociales de l'université de Liège et membre du Centre de recherches Spiral. Elle est l'auteur du livre «L'art de gouverner les déchets hautement radioactifs» paru en 2018 aux Presses Universitaires de Liège, Collection Science et technologies en société dans lequel elle propose une analyse comparée de la gestion des déchets hautement radioactifs en Belgique, en France et au Canada.



Dans les tréfonds de HADES (Belgique).

En savoir



<http://science.sckcen.be/en/Facilities/HADES>
<http://www.euridice.be/fr>
<https://afcn.fgov.be/fr>
<http://www.ondraf.be>

«NE PAS METTRE LA POPULATION DEVANT LE FAIT ACCOMPLI»

Céline Parotte, la question de la gestion des déchets nucléaires ne concerne pas que les scientifiques ?

Non, le citoyen a aussi son mot à dire pour ce genre de thématique. Certaines questions, presque philosophiques, se posent: sur des échelles de temps aussi longues et compte tenu d'un nombre important d'incertitudes scientifiques, techniques et sociétales, faut-il faire confiance à l'homme ou à la nature ? Doit-on décider maintenant ou laisser le soin aux générations futures de se positionner, avec leurs connaissances à venir ? Certains sont en faveur de l'option du dépôt

géologique de manière passive, c'est-à-dire sans intervention humaine. D'autres sont pour le contrôle actif de l'homme, de manière à pouvoir récupérer les déchets à tout moment. Ils privilégient un entreposage en surface, avec une reconstruction des bâtiments abritant les déchets au fil des générations. D'autres encore travaillent sur la possibilité de réduire la toxicité ou la durée de vie de ces déchets. Enfin, pour certains, le meilleur déchet est celui qu'on ne produit pas ! Ils veulent débattre du futur de la production d'énergie nucléaire ou du rôle du nucléaire dans le cadre d'une politique luttant contre le changement climatique.

Chaque solution défendue renvoie à une vision particulière de la société de demain qu'on aimerait voir advenir ou, au contraire, qu'on souhaite à tout prix éviter.

Comment les citoyens sont-ils impliqués dans la réflexion ? Les tendances sont différentes en France, au Canada et en Belgique.

Les gens peuvent apporter un regard neuf qui chamboule la problématique et qui incite les experts à envisager la question selon de nouvelles dimensions. Le Canada et la France ont pris des décisions de principe en faveur du dépôt géologique, mais ces décisions sont assorties de conditions qui viennent des débats publics.

En France, des consultations de la population ont pointé la notion de réversibilité: il est important de permettre aux générations de demain de revenir sur les décisions prises aujourd'hui et sur la récupérabilité des déchets.

Au Canada, avant d'identifier un site de dépôt, la population a été consultée sur la manière dont elle désirait être consultée sur ce genre de processus ! Il a été décidé que le site d'enfouissement serait choisi sur base d'informations techniques et scientifiques, mais aussi selon des critères sociétaux. À l'heure actuelle, des consultations avec les collectivités locales volontaires sont donc menées pour arriver à la solution territoriale la plus adaptée. On ouvre les perspectives, on garantit aux citoyens que la décision ne leur sera pas imposée.

En Belgique, il n'y a pas encore de décision, mais à l'époque de l'élaboration du *Plan Déchets* en 2010, une série de consultations sociétales ont été menées par l'*ONDRAF* et la *Fondation Roi Baudouin* en supplément de l'enquête publique légale classique. On est revenu sur les notions de récupérabilité, de réversibilité, de contrôle. Toutes les consultations publiques ne sont pas allées dans le même sens. Depuis, c'est le silence radio. Aucune autre consultation publique n'a été formellement organisée et l'*ONDRAF* attend une décision de principe du gouvernement.

Intégrer les citoyens dans ce type de processus n'est pas quelque chose d'évident.

La démarche sociétale ne va de soi ni dans le monde politique, ni auprès de la communauté scientifique. En Belgique, en France et au Canada notamment, il a fallu des oppositions locales fortes pour réaliser que les citoyens désiraient avoir leur mot à dire sur le sujet et qu'il allait falloir envisager un autre mode de fonctionnement. La société civile a un rôle à jouer et peut, malgré la prévalence de l'expertise scientifique et technique dans le programme, infléchir partiellement celui-ci et faire remonter des exigences au niveau national.

En France et au Canada, ils ont différemment pris les consultations sociétales au sérieux. En France, ils ont voulu aller plus vite... Au moment de choisir le site d'enfouissement, ils se sont tournés vers le seul laboratoire souterrain qu'ils avaient construit, à Bure. Le gouvernement national a imposé le lieu du dépôt sans prévoir d'approche particulière. Une partie de

la population locale s'est sentie trahie et nombreux sont ceux aujourd'hui encore qui s'opposent ouvertement au projet.

Au Canada, après l'accord de principe, ils ont mené des consultations pour définir comment les gens allaient être impliqués dans la démarche. Ils ont un droit de veto, comme le gestionnaire de déchets, et peuvent choisir de se retirer du processus. Cela change les rapports de force. On est dans une forme d'expérimentation ouverte: on est conscient qu'il est impossible de régler le problème une fois pour toute, qu'on ne peut pas tout contrôler et surtout que la solution proposée va évoluer au fil du temps. Cela implique une nouvelle manière de gouverner, très différente de ce qu'on a toujours connu jusqu'à présent.



Dans le laboratoire souterrain à Bure (France).

En Belgique, on ne se positionne pas. Pourquoi ?

Si l'*ONDRAF* se prononce en faveur du dépôt géologique sous conditions, le Gouvernement postpose régulièrement sa décision.

La difficulté est triple: cette décision impacte plusieurs générations, les incertitudes politiques et techniques sont très élevées à ces échelles de temps, et enfin, compte tenu de la petitesse du territoire belge, le choix en faveur de l'une ou l'autre option concerne potentiellement l'ensemble ou une partie de la population. Tout l'enjeu pour le politique est donc de décider tout en laissant de la place pour la négociation. Il faut également savoir que la non-décision est aussi une forme de décision. Elle peut être perçue comme un manque de prise de responsabilité mais c'est aussi une opportunité: celle de relancer et d'approfondir une démarche sociétale plus large laissée au point mort depuis 2010.

Une chose est sûre: imposer une telle décision crée des tensions irréversibles, la population affectée se sent prise au piège et achetée. Nos politiques devront éviter d'opter pour une approche trop séquentielle et rigide, et prendre le temps de consulter plus largement.

L'art de gouverner les déchets hautement radioactifs, c'est aussi admettre qu'on ne peut pas tout prévoir aujourd'hui pour les centaines d'années à venir. Il faut prendre des décisions qui permettent des réajustements, des réadaptations sociétales ou techniques si nécessaire. Ce genre de processus décisionnel est une grande première un peu partout dans le monde.



Recto

L'ADN de... Thierry VANDEN EYNDE Scaphandrier

Comment devient-on scaphandrier ?

Pour être scaphandrier en Belgique, il y a l'IFAPME de Dinant où divers métiers sont en apprentissage, notamment la section plongée professionnelle. La formation dure un an, de septembre à mi-juin avec 5 semaines de stage au mois de mai. Il y a une trentaine de journées de cours le samedi. Quant aux prérequis, il faut avoir son 1^{er} brevet de plongée, quelle que soit la fédération et 06h30 de plongée en milieu naturel. Il faut également avoir son diplôme de secondaire inférieur ou équivalent et avoir 18 ans accompli. Enfin, il y a le minerval de 2 100 euros.

Vous travaillez actuellement comme scaphandrier, quelle est votre journée-type ?

En tant que chef d'entreprise, j'ai 2 journées-type. La première se passe au bureau, à rédiger des rapports, à faire des offres, et à prendre contact avec les clients ou les fournisseurs. La seconde, qui est la journée typique d'un scaphandrier, commence la veille. Avant de se rendre sur le chantier, il faut vérifier que tout le matériel de plongée soit en ordre, que les bouteilles soient gonflées, vérifier que la batterie du téléphone soit chargée, etc. Ensuite, il faut se déplacer à l'adresse du client, prendre contact avec lui, s'assurer de la procédure du travail à faire avec toute la sécurité exigée, des consignations quand elles ont lieu, arrêter des pompes, empêcher les bateaux de manœuvrer, bloquer les installations de l'écluse. Ensuite, c'est la plongée, entre 2 et 3 heures par jour maximum. L'équipe est constituée de 3 hommes: un plongeur et 2 autres qui restent en surface pour l'aider et veiller à sa sécurité. Après le travail, retour au dépôt, il faut regonfler les bouteilles, remettre tout le matériel en l'état pour refaire la plongée le lendemain, et ce toute l'année, quelles que soient les conditions climatiques.

Quels sont vos rapports avec la science ? Quels sont vos premiers souvenirs «scientifiques» ?

Dans mon métier, il m'est déjà arrivé d'aller en plongée prendre des échantillons pour des fins d'analyse. J'ai par exemple installé en mer une vitre

Scaphandrier, c'est une vocation que vous avez depuis tout petit ? Comment l'idée d'exercer ce métier vous est-elle venue ?

Oui, d'aussi loin que je me souviens, j'ai toujours voulu faire de la plongée. Ayant voyagé un peu avec mes parents à travers l'Afrique: l'Arabie Saoudite, l'Algérie et le Cameroun, j'ai découvert le milieu marin à l'âge de 12 ans, en Arabie Saoudite. Chaque vendredi, nous allions le long des côtes de la mer Rouge. En rentrant en Belgique, il a fallu attendre encore quelques années pour pouvoir simplement faire de la plongée sportive et ensuite le hasard de la vie a fait que très vite, je me suis ennuyé dans la plongée. Il y a 25 ans, on ne faisait que de la simple plongée à l'air, avec une limitation de profondeur pour l'expérience. Aujourd'hui, c'est différent, il y a beaucoup d'exercices et de spécialisations. Suite à un week-end dit «de plongée technique professionnelle», j'ai eu comme une révélation et je me suis dirigé vers le métier de scaphandrier. Après les renseignements sur la formation, j'ai trouvé une école à Dinant. À l'époque, la formation avait lieu tous les samedis durant 2 ans, aujourd'hui, ce n'est plus qu'un an.

à travers un fond sableux pour qu'un scientifique puisse faire les analyses du sous sol. Étant donné que nous travaillons dans un milieu qui n'est pas le nôtre, il y a des connaissances à acquérir et qui sont applicables tous les jours car plonger dans une petite profondeur, comme la baignoire par exemple, et plonger dans une profondeur de 40 m ou au-delà, ce n'est pas le même type de plongée. Il y a toute une série de paramètres, de calculs qui doivent être pris en compte telle la consommation des gaz respirables, la toxicité des gaz, le temps de plongée et des paliers éventuels, l'organisation du travail... Tout cela exige une science exacte.

Quelle est la plus grande difficulté rencontrée dans l'exercice de votre métier ?


Étant un grand passionné de la plongée, je n'ai pas de difficultés dans l'exercice de mon métier, sauf peut être la physique qui avec l'âge, est mis à rude épreuve notamment la capacité de récupération qui

n'est plus la même que pour un jeune de 30 ans. En outre, la forte exigence quant au respect des règles et une certaine discipline à acquérir, peut paraître pénible pour les débutants.

Quelle est votre plus grande réussite professionnelle jusqu'à ce jour ?

Ma plus grande réussite est celle de faire un métier qui me passionne et de pouvoir transmettre mes connaissances. Je forme au métier de scaphandrier depuis 1998 et j'ai repris toute la formation depuis 2004.

Quels conseils donneriez-vous à un jeune qui aurait envie de suivre vos traces ?

Il faut être sérieux, courageux et remonter ses manches. Il faut avoir une culture de la sécurité, être curieux et entreprenant, faire de tout, rencontrer énormément de gens, apprendre les langues, ce qui permet de voyager beaucoup plus loin. 



Thierry Vanden Eynde

ÂGE : 51 ans

SITUATION FAMILIALE : marié, 3 enfants

PROFESSION : Scaphandrier (patron d'Octo Diving), coordinateur sécurité, instructeur de plongée sportive, responsable de la formation professionnelle, instructeur de secourisme en entreprise

FORMATION : électromécanicien, para commando, infographisme, formation au métier de scaphandrier

ADRESSE : Carrière de Gochenée, 148A, 5680 Gochenée

Je vous offre une seconde vie pour un second métier...

Si aujourd'hui je devais changer de métier, voire recommencer ma vie, ce serait peut-être dans le monde médical. Être secouriste, infirmier urgentiste par exemple, cela me plairait. Depuis que j'ai été formé au secourisme et que je suis devenu instructeur, j'ai fait quelques interventions. Je suis beaucoup plus sensible à autrui. J'ai toujours envie d'aider les autres que ce soit le petit gamin qui tombe par terre ou l'adulte qui fait un accident grave.

Je vous offre un super pouvoir...

Pourquoi faire? (Rires). Je m'estime très chanceux de pouvoir faire un métier qui me passionne et si aujourd'hui j'avais un super pouvoir, ce serait peut-être le pouvoir de rajeunir, revenir à mes 20 ans, pour recommencer encore la plongée et ce métier.

Je vous offre un auditoire...

Comme enseignant, j'ai fait quelques conférences liées à la plongée professionnelle. Lors des journées portes ouvertes, j'ai plaisir à présenter le métier de scaphandrier, à le faire connaître car il reste méconnu. Tout le monde sait ce qu'est un pompier, mais certaines personnes vous diront qu'un scaphandrier pêche du poisson, qu'il va chercher des cadavres ou des voitures... Or, le métier de scaphandrier est tellement plus varié.

Je vous offre un laboratoire...

Dans un laboratoire, j'y ferais des tests pour étudier les phénomènes liés à la plongée. Il y a encore beaucoup d'inconnues à rechercher sur la physiologie de la plongée.

Je vous transforme en un objet du 21^e siècle...

Je serais une paire de palmes pour visiter les fonds marins. Il y a encore tant de choses à découvrir et à revoir.


Je vous offre un billet d'avion...

J'irais dans un pays où je pourrais plonger tranquillement. J'ai pris goût à la plongée souterraine, récemment en allant en Floride, j'y retournerais bien. Ou alors faire de la plongée sur épave à travers le monde, de la Méditerranée aux Philippines.

Je vous offre un face à face avec une grande personnalité du monde...

Dans la vie de tous les jours, il y a toujours des personnes qui vous impressionnent, mais de là à avoir un face à face... Je choiserais sans doute un des grands noms de la plongée pour qu'il me transmette toutes ses expériences. Maintenant, si je devais choisir une personnalité publique, un personnage politique, je dirais Barack Obama, pour le simple fait qu'il n'a pas de scandale à son actif, peu importe sa politique.

La question «a priori»: un scaphandrier est un «touche à tout» qui aime les fonds marins idylliques ?

C'est une grande image de la plongée dans des eaux claires et de souder avec les tortues qui nous tournent autour. Mais en réalité, le métier de scaphandrier est très varié. Nous travaillons dans le domaine du génie civil, tout ce qui est construit par l'homme: les voies navigables, les barrages; toutes les structures au bord de l'eau: les ports, les quais et les entreprises qui utilisent de l'eau. Le métier de scaphandrier, ce n'est pas que de la plongée dans des eaux claires, nous travaillons aussi dans des milieux insalubres, des stations d'épuration de ville ou industrielles. 

Verso



www.octo-diving.com

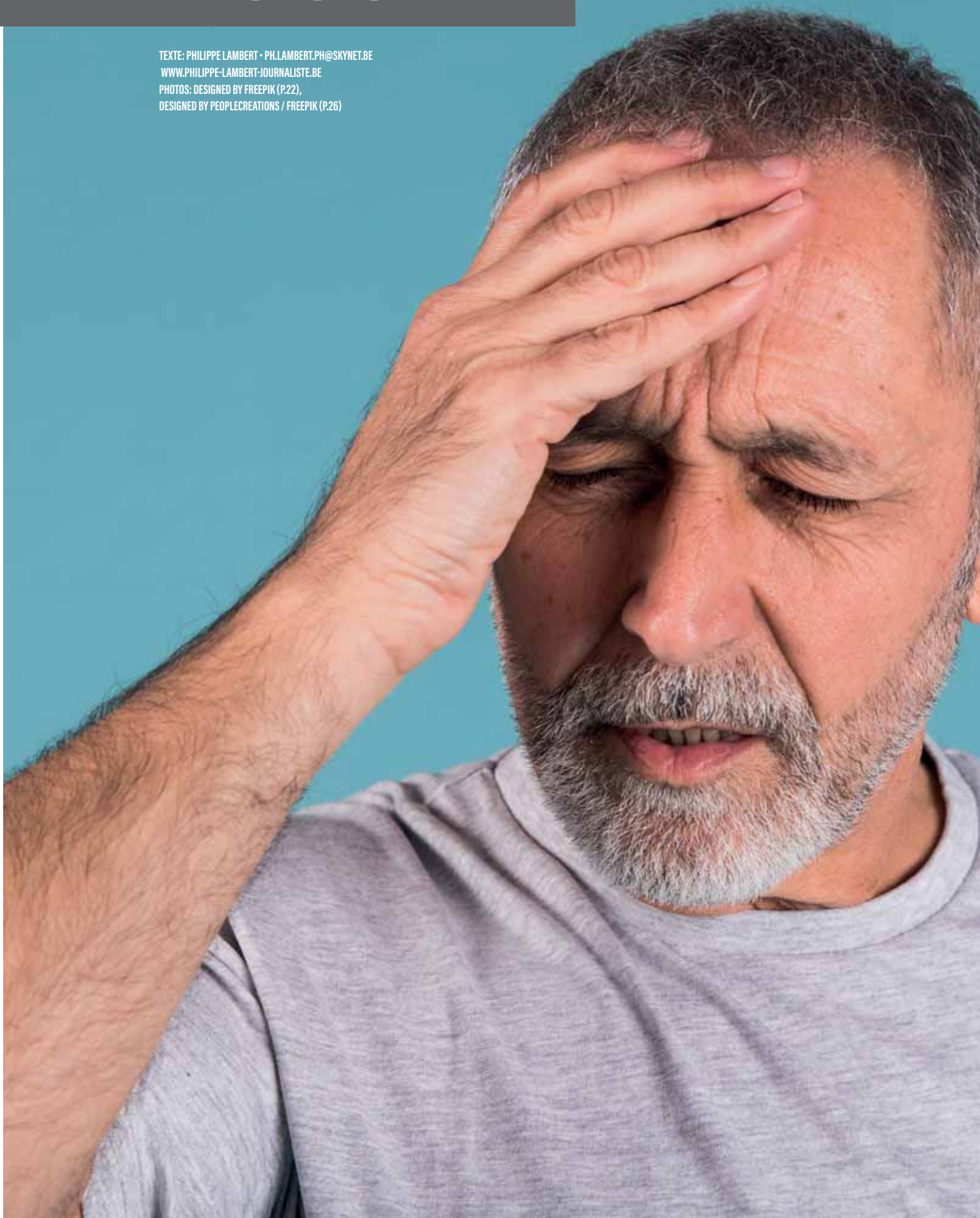
LE DOSSIER

TEXTE: PHILIPPE LAMBERT • PH.LAMBERT.PH@SKYNET.BE

WWW.PHILIPPE-LAMBERT-JOURNALISTE.BE

PHOTOS: DESIGNED BY FREEPIK (P.22),

DESIGNED BY PEOPLECREATIONS / FREEPIK (P.26)



L'andropause

est-elle la «ménopause de l'homme» ?

Bouffées de chaleur, troubles sexuels, humeur dépressive, irritabilité et fatigue: on présente communément l'andropause comme une «ménopause au masculin». Mais cette comparaison est-elle fondée ?

Hormis le fait que les 2 situations résultent d'une carence hormonale liée à l'âge et ont plusieurs symptômes potentiels communs (bouffées de chaleur, troubles sexuels, humeur dépressive, irritabilité, fatigue...), la ménopause et l'andropause se différencient sur des points essentiels, de sorte que, écartant les terminologies mimétiques, beaucoup estiment préférable de parler, chez l'homme, de déficit androgénique (ou d'hypogonadisme) lié à l'âge.

Dans la ménopause, l'activité ovarienne, qui a décliné progressivement, balise la réduction drastique et définitive de la production d'oestrogènes. En revanche, dans l'andropause, la fabrication de testostérone n'est que ralentie. Par ailleurs, si la ménopause met un terme aux menstruations et à la fertilité, l'andropause ne rend pas pour autant l'homme infertile. Enfin, la ménopause est une fatalité à laquelle sont confrontées toutes les femmes, tandis que l'andropause n'affecte que peu d'hommes. Si l'on se réfère à l'*European Male Aging Study*, étude publiée en 2010 portant sur 3 200 hommes âgés de 40 à 79 ans issus de 8 pays européens (Angleterre, Suède, Estonie, Pologne, Hongrie, Italie, Espagne, Belgique), seulement 2% des hommes de cette tranche d'âge seraient concernés par l'andropause.

On estime que dès l'âge de 30 ans environ, la production de testostérone commence à se réduire. À partir de 50 ans, sa concentration dans le sang diminuerait en moyenne de 1% par an. «*Le risque de déficit androgénique augmente avec l'âge, mais nombre d'hommes conservent des taux de*

testostérone tout à fait satisfaisants tout au long de leur vie», indique le docteur Hernan Valdes-Socin, chef de clinique au sein du service d'endocrinologie du CHU de Liège et maître de conférences à l'Université de Liège. Et de souligner que l'hypogonadisme lié à l'âge ne constitue qu'une faible proportion des cas où un taux de testostérone inférieur à la norme a été détecté chez un individu de plus de 45 ans. En effet, la baisse du taux de l'hormone mâle est souvent le reflet d'un état de santé déficient: insuffisance rénale, maladie du foie, surpoids et obésité abdominale, diabète, hypercholestérolémie, syndrome métabolique, prise de certains médicaments tels que des antipsychotiques, des antiépileptiques ou des narcotiques, stress chronique...

«*Chez un patient hospitalisé pour pneumonie, par exemple, la concentration sanguine en testostérone sera faible, parce que diverses cytokines sécrétées durant la maladie, notamment l'interleukine 1, exercent une action au niveau de l'hypothalamus, lequel contrôle l'hypophyse, qui commande lui-même la production de testostérone par les gonades, explique Hernan Valdes-Socin. Cette situation est potentiellement réversible à distance de l'hospitalisation, bien entendu.*»

De même, les états de stress émotionnels importants peuvent être à l'origine d'un hypogonadisme transitoire, car l'axe du cortisol est alors privilégié. La dépression, idem. Tout comme chez le sujet sportif, fût-il jeune, un important surentraînement. Une tumeur de l'hypophyse est également





une cause possible d'hypogonadisme. «L'alcoolisme ou une affection neurodégénérative, telle la maladie d'Alzheimer, sont de nature à engendrer des déficiences d'origine centrale, c'est-à-dire à rendre l'hypophyse «paresseuse» et donc à réduire l'activité des testicules», ajoute encore le professeur Jean-Jacques Legros, chef de service honoraire de l'unité de psychoneuroendocrinologie de l'Université de Liège. Bref, le diagnostic d'andropause est en quelque sorte un diagnostic d'exclusion.

Chez le patient en proie à un problème d'andropause, la plainte la plus fréquente et la plus précoce est généralement une diminution de l'activité sexuelle avec notamment une érosion progressive de la libido.

Rendez-vous avec les œstrogènes

Une autre difficulté tient à la détermination, par le laboratoire, du seuil sous lequel les taux de testostérone (total, libre, biodisponible) doivent être considérés comme anormaux. Autrement dit, une question se pose: les normes définies sont-elles incontestables ? Car, ainsi que le fait remarquer le docteur Valdes-Socin, les taux préconisés comme valeurs normales doivent idéalement être établis à partir d'une population de référence saine, de même âge, etc. Ce qui, en pratique, n'est pas simple pour la plupart des laboratoires. De surcroît, on ne dispose pas, en routine clinique, de la possibilité de connaître le type de récepteurs aux androgènes d'un patient. Or, il existe un polymorphisme au niveau de ces récepteurs, les uns se révélant plus actifs que d'autres. Cela a été bien étudié dans des maladies ou des syndromes qui génèrent de l'hypogonadisme. Par exemple, le syndrome de Klinefelter, causé par la présence d'un chromosome sexuel X surnuméraire. Certains gènes du chromosome X peuvent moduler le phénotype de cette entité clinique. Ainsi, la longueur de la séquence du gène codant pour le récepteur aux androgènes (AR) – le nombre de triplets CAG – serait inversement corrélée à des traits différents d'androgénisation, de pilosité, de développement du pénis, etc. entre les patients caucasiens, africains et asiatiques. «En d'autres termes, pour une même concentration de testostérone, l'efficacité du récepteur aux

androgènes apparaît inversement proportionnelle au nombre de triplets CAG», commente Hernan Valdes-Socin.

La vision que nous donnent les taux de testostérone ne peut être qu'approximative, dans la mesure où «une hormone n'est rien sans son récepteur» et que AR est polymorphe. «De plus, on ne connaît encore que partiellement comment le message hormonal est traduit selon le type de cellules – muscles, os, cerveau...», rapporte l'endocrinologue du CHU de Liège.

En mars 2018, l'*European Journal of Endocrinology* publiait un article émanant de chercheurs de l'Université de Saint-Louis, dans le Missouri. Ceux-ci s'intéressèrent à 32 patients souffrant d'un diabète de type 2 et d'hypogonadisme, qu'ils comparèrent avec un groupe contrôle de patients diabétiques sans hypogonadisme. En plus d'un taux de testostérone inférieur, les chercheurs observèrent chez les premiers une sous-expression non seulement des récepteurs aux androgènes (AR), mais également des récepteurs aux œstrogènes (ER α). À la suite d'un traitement reposant sur une injection intramusculaire de testostérone toutes les 2 semaines, durant 22 semaines, le niveau de testostérone des patients hypogonadiques se normalisa par rapport à celui du groupe contrôle. Il en fut de même de l'expression des récepteurs aux androgènes, mais aussi, de façon plus surprenante, de l'expression des récepteurs aux œstrogènes. «Ce qui suggère que le déficit en œstrogènes fait partie du concept d'hypogonadisme», indique Hernan Valdes-Socin. Il ajoute que l'étude américaine montre que dans une population d'hommes diabétiques hypogonadiques, et sans doute chez tout homme hypogonadique, la carence hormonale s'accompagne d'un déficit au niveau des récepteurs tant aux androgènes qu'aux œstrogènes et que ce tableau est potentiellement réversible sous traitement de supplémentation en testostérone.

La testostérone peut être transformée en dihydrotestostérone (DHT), qui a une affinité environ 3 fois supérieure pour le récepteur aux androgènes. De ce fait, la DHT est le métabolite biologiquement actif de la testostérone sauf au niveau des muscles striés et chez le fœtus, où c'est celle-ci qui agit. La testostérone peut aussi être aromatisée en œstrogènes. Chez le patient en proie à un problème d'andropause, ou chez tout homme hypogonadique, il existe un risque d'ostéopénie (baisse de la densité osseuse n'excédant pas 11%) et d'ostéoporose. On considère alors, bien que le sujet soit encore débattu, qu'une supplémentation en testostérone peut contribuer à la reminéralisation osseuse. Mais, dans ce cas, on pense que la

testostérone agirait indirectement, c'est-à-dire après aromatisation en œstrogènes.

Symptômes peu spécifiques

Outre l'ostéopénie et l'ostéoporose, quels sont les symptômes auxquels peut donner lieu l'andropause ? La plainte la plus fréquente et la plus précoce est généralement une diminution de l'activité sexuelle avec des érections matinales moins fréquentes, une érosion progressive de la libido ainsi qu'une incapacité à obtenir ou à maintenir une érection au cours du coït. Le professeur Legros insiste néanmoins sur l'origine souvent psychogène de ce type de troubles. Si un dosage de la testostérone révèle un déficit androgénique et qu'un traitement substitutif est initié, son effet bénéfique sur la libido et la fonction érectile est censé se manifester au bout de quelques jours à peine. Dans le cas contraire, la cause du problème est très vraisemblablement d'une autre nature.

«Dans ma patientèle, j'ai eu des hommes dont la sexualité était tout à fait normale malgré des taux de testostérone très bas. Et lors d'une campagne de détection de l'andropause que nous avons mise sur pied dans la province de Liège, il est apparu que certains hommes avec un hypogonadisme sévère ne se plaignaient d'aucun symptôme», rapporte Jean-Jacques Legros, avant de préciser qu'un chien ayant subi une ablation des testicules est à même de continuer à avoir des rapports sexuels. L'érection n'est pas seulement affaire de testostérone, mais elle a également des racines vasculaires, neurologiques et psychologiques. D'ailleurs, comme le rappelle Hernan Valdes-Socin, des enfants en bas âge développent déjà des érections spontanées alors que leurs taux de testostérone sont très bas. Selon lui, le manque de libido constitue toutefois un marqueur plus fiable. *«Sous le seuil de 300 nanogrammes par millilitre, le taux de testostérone totale est généralement associé à une perte de libido»,* dit-il.

Parmi les autres symptômes possibles de l'hypogonadisme figurent des troubles psychologiques pouvant prendre la forme de légers problèmes de mémoire ou de concentration, d'une humeur dépressive, d'un manque de confiance en soi, d'une tendance à l'irritabilité ou encore d'une baisse de l'esprit d'initiative ou de l'appétit au travail. Dans un autre registre peuvent advenir, nous l'avons signalé, une ostéopénie évoluant vers l'ostéoporose, ainsi qu'une réduction de la masse musculaire et, par là même, de la force physique. S'observent également des troubles

trophiques, c'est-à-dire ayant trait à la nutrition des tissus et des organes, mais aussi une augmentation de la graisse abdominale, une baisse d'énergie, de la fatigue, des troubles mictionnels...

Ces symptômes, pour la plupart, pèchent évidemment par leur manque de spécificité. Et quand bien même détecterait-on un hypogonadisme, il faudrait d'abord démêler l'écheveau des causes possibles avant de l'attribuer à l'âge. *«Prenons*

(1) L'antigène prostatique spécifique (PSA) est une protéine fabriquée par la prostate. Anormalement élevé, son taux est évocateur d'une anomalie prostatique bénigne, tel un adénome, ou d'un cancer de la prostate.

UN DANGER SURESTIMÉ ?

L'instauration d'un traitement de substitution chez l'homme adulte présentant une insuffisance en testostérone se heurte classiquement à la croyance du patient qu'une telle prise en charge fait le lit du cancer de la prostate. *«Il semble bien établi aujourd'hui que la testostérone n'induit pas ce type de tumeur, mais qu'elle peut révéler un cancer préexistant»,* fait remarquer le professeur Robert Andrienne, du département d'urologie de l'Université de Liège. Peut-elle le faire flamber ? Selon l'urologue liégeois, le sujet reste controversé par manque d'études de grande ampleur. Quelques travaux mettent en évidence que la testostérone n'aggrave pas nécessairement la maladie. *«De surcroît, relate le professeur Andrienne, des études démontrent que certains cancers de la prostate se développent sur un terrain d'hypogonadisme sont plus agressifs que les autres. La raison en est que ces tumeurs se révèlent hormonorésistantes. Pour l'heure, il y a des travaux aux États-Unis où l'on délivre de la testostérone à des patients dont le cancer de la prostate est devenu hormonorésistant afin de leur rendre une nouvelle hormonosensibilité et donc d'améliorer leur réponse aux traitements hormonaux.»*

Le professeur Legros, lui, rappelle que statistiquement, c'est au moment où le taux de testostérone chute qu'apparaissent les cancers de la prostate. *«On pense que cette hormone est utile pour empêcher une différenciation des cellules prostatiques et ainsi protéger contre le cancer de la prostate»,* précise Robert Andrienne. Mais la controverse subsiste. D'autant que des cas de cancer de la prostate ont été rapportés chez de jeunes sportifs se dopant à la testostérone. En l'occurrence, cependant, les doses pharmacologiques administrées étaient très supérieures à celles délivrées lors des hormonothérapies substitutives. Il demeure donc difficile de faire vraiment la part des choses.

Quoi qu'il en soit, avant d'instaurer un traitement de supplémentation en testostérone, un dosage du PSA (1) s'impose, ainsi qu'un examen urologique de la prostate – toucher rectal, échographie. Le dosage du PSA sera réitéré tous les 6 mois et l'examen urologique, chaque année.





Le médecin généraliste intervient en 1ère ligne dans le dépistage de l'andropause. Il doit faire preuve de doigté dans son interrogatoire du patient.



l'exemple d'un homme âgé obèse présentant des troubles de la glycémie et de l'hypertension, dit le docteur Valdes-Socin. Il y a des chances que cette personne retrouve des taux de testostérone normaux si elle change de style de vie. Un cas extrême est celui des individus obèses qui subissent un by-pass gastrique. Souvent, la perte de poids qui s'ensuit suffit à ramener les taux de testostérone dans la norme après quelques mois.»

Il regrette par ailleurs certaines dérives, comme c'est le cas aux États-Unis depuis une vingtaine d'années, où l'on assiste à une explosion de prescriptions de gel transdermique de testostérone chez des individus de tous âges (par exemple, des hommes d'affaires qui se disent épuisés), parfois sur la base de simples symptômes sans mesure des taux de testostérone avant et après traitement. «Il n'y a aucune logique clinique à ces prescriptions, estime-t-il. Aussi, depuis 10 ans environ, la Food and Drug Administration (FDA) finance-t-elle des études cliniques afin de mieux cerner les effets de ces traitements chez la personne âgée, entre autres, et s'efforce-t-elle d'émettre des recommandations.» De fait, avant ces travaux, il n'y avait pas ou peu d'études d'Evidence-Based Medicine (médecine fondée sur les preuves) dans le domaine des traitements de l'andropause, contrairement à ce qu'on observe dans celui de la ménopause, où les études foisonnent.

La voie de la supplémentation

Selon le professeur Legros, le médecin généraliste, intervenant de première ligne, ne doit pas nécessairement procéder à un dosage systématique de la testostérone chez l'homme de plus de 50 ans. En revanche, il doit questionner son patient afin de déterminer s'il y a lieu de suspecter le risque d'une carence. «Ce questionnement sera empreint d'une certaine subtilité, car, mal orienté, il pourrait induire le symptôme recherché, indique Jean-Jacques Legros. Il ne serait pas judicieux, par exemple, de demander au patient si «tout se passe bien sur le plan sexuel», l'être humain ayant une propension à n'être jamais pleinement satisfait.»

En dehors de l'interrogatoire du patient, le généraliste sera attentif aux quelques signes cliniques qui, contrairement à des manifestations comme la fatigue, la perte de libido ou la dépression, sont plus spécifiques d'une déficience en testostérone: une diminution de la pousse de la barbe, une baisse de la tolérance physique à l'effort, la présence de bouffées de chaleur... Sans oublier que si un contrôle sanguin est effectué, une testostérone abaissée peut aiguiller le praticien

vers diverses pathologies sans lien direct avec l'andropause, tels le diabète, une maladie d'Alzheimer débutante, un syndrome métabolique, une tumeur hypophysaire (le plus souvent bénigne), l'alcoolisme, une hémochromatose, un syndrome de Klinefelter, voire un hypogonadisme résultant d'une intoxication par des pesticides – plus précisément, le DDT.

Si un déficit androgénique est avéré, l'endocrinologue prendra le relais du généraliste et sollicitera, entre autres, un dosage de l'hormone lutéinisante (LH) dans le but d'établir si la cause de la carence est testiculaire (hypogonadisme primaire) ou hypophysaire (hypogonadisme secondaire). En effet, LH est la gonadotrophine hypophysaire qui stimule la sécrétion de testostérone par les cellules de Leydig des testicules (2). En cas d'hypogonadisme primaire, la testostérone ne peut exercer un rétrocontrôle sur la production de LH, dont les taux sont alors élevés. En cas d'hypogonadisme secondaire, la concentration de LH est faible ou inadéquatement normale.

À côté de mesures hygiéno-diététiques (baisse de la consommation de tabac et d'alcool, activité physique régulière, éventuel soutien psychologique), l'instauration d'un traitement de supplémentation en testostérone chez l'homme présentant un déficit androgénique lié à l'âge constitue la seule voie médicamenteuse. Cet apport peut être administré par patch, par voie orale, en sous-cutané ou en intramusculaire.

Pour d'aucuns, l'hormonothérapie à base de testostérone ferait office de simple placebo. Plusieurs travaux de recherche démentent cette opinion. Ainsi, Peter J. Snyder, de l'Université de Pennsylvanie, initia une étude, publiée en 2016, chez 790 individus de plus de 65 ans caractérisés par de très faibles taux de testostérone et des symptômes de déficit androgénique (troubles de la sexualité, problèmes physiques, etc.). Certains participants furent traités durant un an au moyen de testostérone en gel (*AndroGel*®), d'autres reçurent un placebo. Au terme de l'expérience, un impact positif sur la libido, la fonction érectile ou l'humeur (mais non sur la vitalité) fut observé dans le groupe traité, ce qui ne fut pas le cas dans le groupe placebo. De surcroît, le nombre de cancers de la prostate recensés durant et après le traitement ne différa pas significativement entre les 2 groupes. Le même constat rassurant fut réalisé dans la sphère cardiovasculaire. Néanmoins, les auteurs considèrent que le nombre de participants de l'étude était insuffisant pour conclure sur les risques d'un traitement de supplémentation.

«D'autres études, financées par la FDA, vont dans le même sens, mais pour autant que l'on ne prescrive pas un apport de testostérone exogène à des sujets à risque, insiste le docteur Valdes-Socin. Dans l'état actuel des connaissances, les contre-indications à la prescription de testostérone chez l'homme âgé sont la présence d'un cancer de la prostate hormonodépendant (voir encadré) ou une insuffisance cardiaque non stabilisée.»

Approche pluridisciplinaire

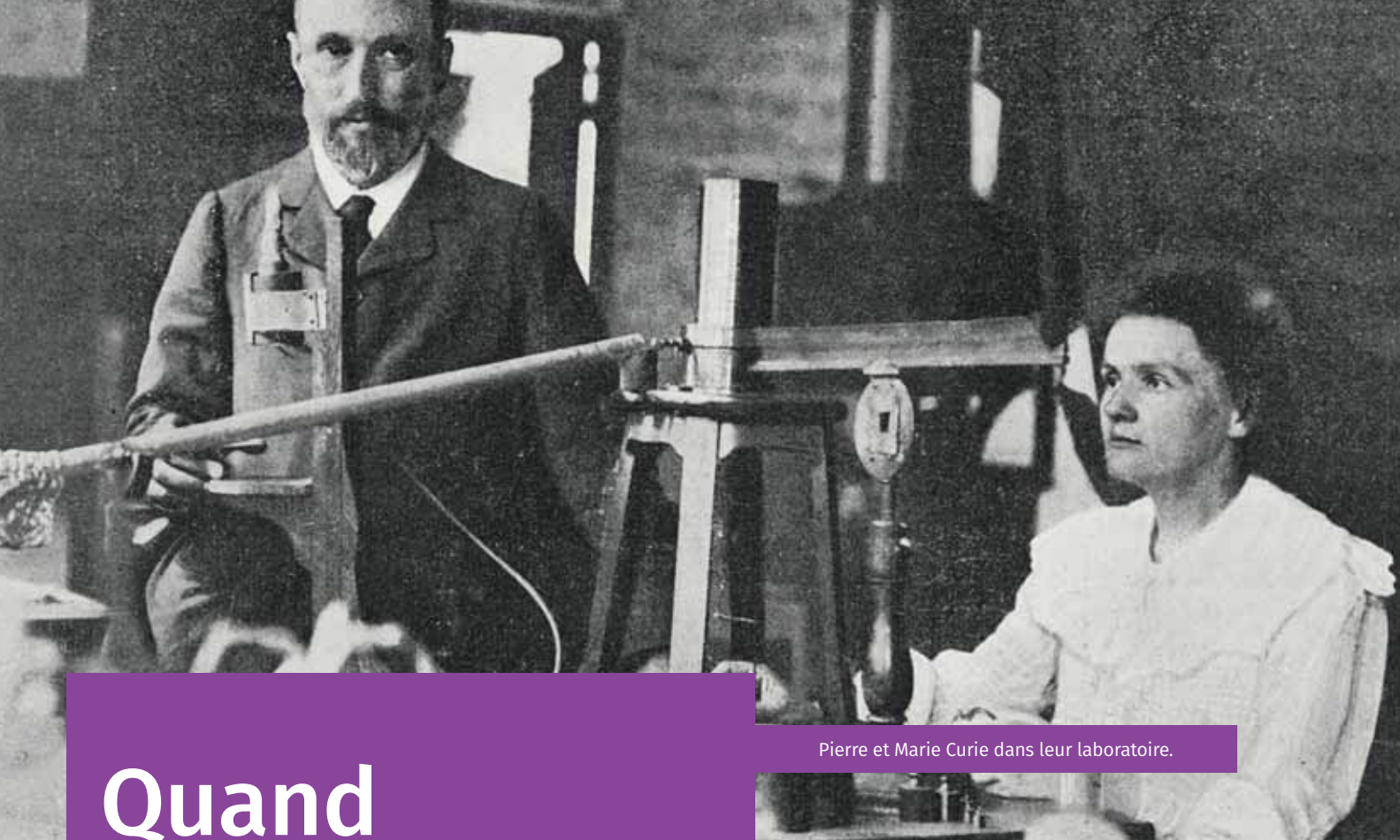
Chez le sportif dopé aux androgènes, le taux d'hématocrite (3) augmente, de sorte que le sang devient plus visqueux et que la pression artérielle s'élève. Ce qui accroît le risque d'accidents cardiovasculaires (infarctus, AVC...). La prudence s'impose également chez l'homme vieillissant susceptible de recevoir une supplémentation en testostérone, surtout si le terrain est miné par des problèmes cardiovasculaires préexistants. «Toutefois, il n'est pas rare qu'une légère anémie s'installe avec l'âge et que l'apport de testostérone exogène régularise la situation sans danger particulier sur le plan cardiovasculaire en l'absence d'une pathologie de ce type diagnostiquée préalablement», commente Hernan Valdes-Socin.

Un traitement substitutif à base de testostérone recèle divers autres risques potentiels: une gynécomastie (développement exagéré des glandes mammaires), une atrophie des testicules, une alopécie (chute des cheveux), une plus grande raucité de la voix, un développement de la pilosité, une aggravation d'un syndrome d'apnées du sommeil, des altérations des tests hépatiques (en particulier lorsque le médicament est pris par voie orale), une diminution de la spermatogenèse et de la fertilité, un cancer du sein (éventualité non démontrée), des troubles psychiques caractérisés par une augmentation de l'agressivité et des comportements antisociaux, dont des difficultés de couple liées à la satisfaction de la libido chez l'homme, voire des viols.

C'est pourquoi une approche pluridisciplinaire est de mise lorsque la délivrance de testostérone exogène est envisagée dans un cas d'andropause (ou tout autre cas révélant un déficit androgénique). L'avis de l'endocrinologue et de l'urologue sont des étapes obligées, celui du psychiatre peut parfois l'être aussi. Face à la perspective thérapeutique d'une supplémentation en testostérone, l'estimation du rapport «bénéfice-coût» occupe une place cardinale et des réévaluations périodiques doivent être à l'ordre du jour. A

(2) Chez l'homme, 95% de la testostérone est produite par les testicules. Les 5% restants le sont par les glandes surrénales, ce qui explique que les femmes en possèdent également, mais en faible quantité. Une autre gonadotrophine hypophysaire, l'hormone folliculo-stimulante (FSH), active indirectement la spermatogenèse, c'est-à-dire la production de sperme au niveau des testicules.

(3) Volume occupé par les globules rouges par rapport à la quantité totale de sang.



Pierre et Marie Curie dans leur laboratoire.

Quand la science s'égare !

Le radium, après sa découverte par Marie Curie (nobélisée pour cela en 1911), évolua bien vite d'un remède contre le cancer (curiethérapie) vers une panacée universelle, capable de guérir soi-disant n'importe quoi. De là à commercialiser des préparations pharmaceutiques plus que douteuses, il n'y avait qu'un pas. Tel fut le cas de la crème *Tho-Radia* !

TEXTE : PAUL DEPOVERE · DEPOVERE@VOO.BE

PHOTOS : © DE AGOSTINI/BIBLIOTECA AMBRO (P.28), SAM LARUSSA/WIKI (P.29), SCIENCE & SOCIETY PICTURE LIBRARY (P.29)

Au début des années 1930, aucune autorisation particulière n'était requise pour mettre sur le marché des produits de beauté, même si ceux-ci contenaient des substances pharmacologiquement actives, voire radioactives. À l'époque de sa découverte (1898), le radium suscitait un enthousiasme grandissant alors que les scientifiques ne disposaient que de peu d'informations quant à ses effets réels sur

les cellules vivantes. Il s'agit d'un métal fascinant, luisant dans l'obscurité, et doté d'une activité radiative un million de fois supérieure à celle de l'uranium.

Découverte des effets du radium

Un jour, Henri Becquerel (qui découvrit la radioactivité en 1896 et qui fut nobélisé en 1903 avec Pierre et Marie Curie) transporta un échantillon de radium dans la poche de son veston et eut le désagrément de constater que sa peau présentait à ce niveau une lésion douloureuse. De son côté, Stefan Meyer, le directeur de l'Institut de recherche sur le radium à Vienne cessa de jouer de la viole de gambe parce que ses doigts avaient été endommagés. D'autres scientifiques vécurent des expériences analogues et se demandèrent si ce radium ne pourrait pas détruire des tumeurs. L'idée d'encapsuler du radium et de le positionner à l'endroit précis de ladite tumeur offrait l'avantage de limiter la destruction des tissus sains avoisinants. Ainsi, la curiethérapie, proposée par Pierre Curie et développée tant à Paris qu'à New



Bouteille de *Radithor*.Publicité vantant les mérites de la marque de cosmétiques *Tho-Radia*.

Ouvrières utilisant de la peinture luminescente dans une usine d'horlogerie. L'utilisation du radium-226 pour la luminosité des cadrans de montres ou d'horloges est devenue populaire dans les années 1920 - avant que le risque pour la santé ne soit pleinement établi.

York, a permis de combattre certaines formes de cancers et cette technique, impliquant aujourd'hui d'autres radioéléments, reste un traitement très ciblé et sûr.

Il semblait par ailleurs probable que de petites doses de radioactivité auraient le pouvoir de stimuler l'état général des gens – par exemple en exaltant l'érythrocytose (du moins au début), ce qui améliore leur carnation –, bref de leur procurer un sentiment de bien-être. Voilà pourquoi cette «thérapie» par le radium allait devenir le leitmotiv des médecins avides et des charlatans.

Des applications douteuses visant au bien-être des gens

À cette époque, on vantait la radioactivité de certaines eaux thermales. Des centres de cures, comme Sankt-Joachimsthal en République tchèque (à proximité immédiate des gisements de pechblende d'où provient le radium), Baden-Baden en Allemagne ou Claremore dans l'Oklahoma, devinrent célèbres.

Dans ce contexte, Eben Byers, un riche industriel américain, grand sportif à ses heures (il était champion de golf) en fit les frais ! On lui avait prescrit du *Radithor*, un élixir radioactif censé être un tonique général (voir photo 1). De 1927 à sa mort en 1931, il but près de 1 500 flacons de cette solution radioactive (à base de radium-226, lequel s'accumule dans les os), parfois jusqu'à 3 par jour. Irradié de l'intérieur, son corps était devenu tellement radioactif qu'il fut enterré dans un cercueil

doublé de plomb ! L'affaire fit grand bruit auprès de la FDA qui vota dès 1938 un acte fédéral réglementant tout cela.

Cependant, des gens peu scrupuleux n'hésitèrent pas à profiter de cette réputation curative du radium pour lancer sur le marché des crèmes, savons, voire même des dentifrices à base de cet élément chimique miraculeux, censé être régénérateur et vitalisant.

Ainsi, dans le sillage de marques de produits cosmétiques telles que *Activa* et *Rador*, une autre société, dont le parcours mérite d'être relevé, débuta ses activités en 1932. Inspiré par le concept d'une «micro-curiothérapie» imaginée par Alexandre Jaboin, un pharmacien, Alexis Moussalli, également pharmacien de son état, élaborait une crème de beauté contenant, en pourcentage, des fractions de microgrammes de chlorure de thorium et de bromure de radium, ce qui le poussa à s'associer avec le docteur Alfred Curie. Ce dernier, sans aucun lien de parenté avec les célèbres Curie, déposa la marque *Tho-Radia*, en exigeant que figure sur les emballages la mention «*Selon la formule du Dr Alfred Curie*». Cette publicité équivoque allait leur permettre de faire fortune (voir photo 2) ! Cependant, en 1937, les règlements sur la commercialisation des produits radifères changèrent drastiquement, ce qui amena les dirigeants de *Tho-Radia* à ôter les 2 radioéléments de leurs formes galéniques jusqu'à l'abandon de la marque en 1968.

Une peinture luminescente dans l'obscurité

Finalement, le dernier usage important du radium sera l'incorporation de cet élément dans les peintures luminescentes pour les montres et réveils (afin de pouvoir lire l'heure pendant la nuit). Et là aussi, on remarquera qu'aux États-Unis, des ouvrières développèrent des nécroses et des cancers au niveau buccal parce qu'elles affinaient les pinceaux avec leurs lèvres avant de peindre les chiffres et les aiguilles (voir photo 3). Après bon nombre de palabres, les responsables durent bien reconnaître le rôle délétère joué par le radium et indemniser leurs victimes ! ^A



Et toi, Internet, qu'est-ce que tu fais pour la planète ?

TEXTE : JULIE FIARD • JFI@EASI-IE.COM • HTTP://WWW.EASI-IE.COM • HTTP://WWW.TWITTER.COM/EASI_IE • HTTPS://WWW.FACEBOOK.COM/EASI.EXPERTSDUWEB
 ILLUSTRATIONS : VINCE • CONTACT@CARTOONBASE.COM

Difficile d'imaginer aujourd'hui qu'internet puisse être, parmi tant d'autres, une des sources de pollution de notre planète. Et pas des moindres... On l'appelle usuellement, la pollution invisible du Web. Début 2017, selon le rapport de *Greenpeace: Clicking Clean* (<https://urlz.fr/9Ofg>), le secteur informatique représentait 7% de la consommation mondiale d'électricité. Soit 2% des émissions mondiales de CO₂. On compare aujourd'hui l'impact sur le climat de l'industrie du net à celui généré par le secteur de l'aviation. Toujours dans son rapport, *Greenpeace* prévoit qu'en 2020, la pollution liée au secteur IT (des technologies de l'information) dépasserait celle de l'aéronautique.

Connaissons-nous les sources réelles de cette pollution Est-ce qu'internet évolue vers une empreinte écologique plus douce Que pouvons-nous faire chacun à notre niveau afin de limiter notre empreinte écologique sur le net ?

Quel impact sur notre environnement ?

Comment expliquer que quelque chose qui n'existe pas physiquement puisse avoir une implication écologique sur notre environnement ? Le Web semble engloutir des quantités considérables d'énergie sans que nous nous en rendions compte ! En quelques clics, nous accédons à une quantité incroyable d'informations: des données, des documents, des

vidéos, de la musique, ... Toutes ces informations sont forcément stockées quelque part. C'est ce que nous appelons communément le *cloud*, le nuage de données informatiques auquel chacun fait appel à chaque fois qu'il utilise son ordinateur connecté, son GSM, sa tablette, sa montre connectée, et bon nombre d'objets du quotidien maintenant reliés au Web (caméras, voitures, systèmes de surveillance...).

Selon plusieurs sources dont le site www.greenit.fr, les émissions de gaz à effet de serre proviendraient des utilisateurs, du réseau en lui-même et des centres de données (Data Center) dans lesquels sont conservées toutes les informations stockées sur internet ! Il faut également ajouter à cela, les émissions liées à la fabrication mais également au recyclage des produits high-tech.

Oui, nous parlons d'un monde dématérialisé, seulement nos données sont bien réelles et ont besoin d'être conservées dans des centres physiques, les fameux Data Center.

Pour en savoir plus sur les sources de pollution du Web, visionnez cette vidéo <https://youtu.be/hyziGePiG8U>, produite par le collectif *Le Tatou*.

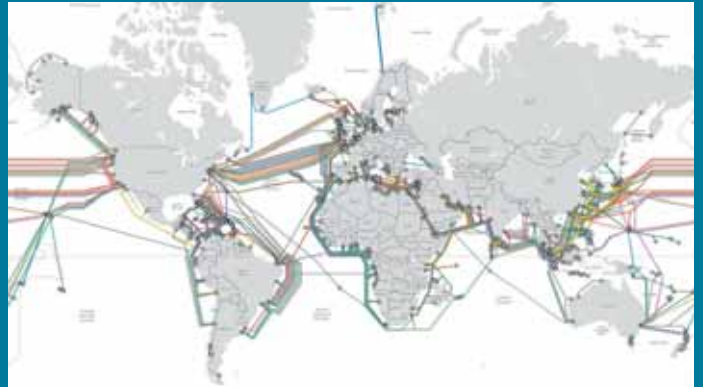
Plus internet prend de la place dans nos vies, plus le nuage de données s'agrandit. Tout comme les impacts écologiques liés à cet accroissement.

Tout le monde a conscience que les activités industrielles, les transports (routiers et non routiers), les activités domestiques (chauffage en particulier), l'agriculture, ... polluent. En revanche, il est moins évident de se rendre compte de la pollution générée par les milliards de données traitées par le net. Voici quelques faits parlants et leurs chiffres, liés à notre empreinte numérique, mis en avant par le site www.ordi3-0.fr:

- Regarder une heure de vidéo depuis un smartphone ou une tablette consomme plus d'électricité qu'un réfrigérateur en une année
- Télécharger la version électronique d'un quotidien consomme autant d'électricité que de faire une lessive
- Selon l'Agence française de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (Ademe), l'envoi des courriers électroniques d'une entreprise de 100 personnes représente chaque année 13,6 tonnes de CO₂, soit 14 allers-retours Paris-New York en avion
- L'empreinte carbone mondiale annuelle du spam équivaut à 3 millions de voitures sur la

TOUT UN RÉSEAU

Internet, c'est 930 000 km de câbles. Il existe plus de 3 300 Data Centers dans le monde. Voici une carte des câbles Internet sous-marins.



route chaque année. 17 millions de tonnes de CO₂ sont ainsi relâchées dans l'atmosphère, soit 0,2% des émissions mondiales

- Une recherche sur *Google* pourrait, à ce qu'on dit, chauffer une tasse de thé...

Comment le *cloud* et Internet peuvent-ils utiliser autant d'énergie alors qu'ils n'existent pas ? En fait, si ! L'application, que nous appelons le Web et qui contient toutes les données est difficilement matérialisable, alors que le réseau qu'elle utilise, que nous appelons Internet est bien réel.

Le site <http://www.empreintes.be>, nous propose de retracer le chemin non virtuel d'une requête envoyée sur un moteur de recherche. Le mot-clé demandé va circuler au travers de câbles de cuivre afin de rejoindre le serveur le plus proche, ce même serveur le transférera ensuite dans un Data Center présent dans votre région afin d'y être traité. Par la suite, cette fameuse requête va rejoindre un nouveau Data Center, celui de l'hébergeur du moteur de recherche utilisé, en utilisant la plupart du temps les nombreux câbles qui traversent l'Atlantique. Afin de vous apporter la réponse adéquate, votre demande fera exactement le chemin inverse pour revenir enfin sur votre ordinateur.

Vous imaginez certainement mieux maintenant ce que représentent en terme énergétique, les usages quotidiens des 4,12 milliards d'internautes que nous sommes...

Dans les Data Centers, les serveurs fonctionnent sans interruption 24h/24 et aussi contradictoire que cela puisse paraître, ils utilisent de l'électricité





et il est nécessaire d'utiliser également autant d'énergie électrique pour les refroidir ! Les serveurs représentant une source de chaleur impressionnante.

Il semblerait que les prévisions de données à stocker d'ici 2020, soient de 44 000 milliards de gigaoctets... Un gigaoctet correspondant à environ 30h de musique en streaming ou alors 15h d'appel sur *Skype* ou encore, 5h de visionnage de vidéos en streaming.

Minimiser l'empreinte écologique

Il est temps de pousser les acteurs du numérique à se convertir aux énergies renouvelables. Toujours dans son rapport *Clicking Clean*, *Greenpeace* pointe du doigt les fameux géants du Web, également connu sous l'acronyme *GAFAM*, désignant la quinzaine d'acteurs d'Internet d'envergure mondiale, dont (par ordre alphabétique): *Airbnb*, *Alibaba*, *Amazon*, *Apple*, *Facebook*, *Google*, *LinkedIn*, *Microsoft*, *Netflix*, *Twitter*, *Uber*, *Yahoo*, etc.

Lors de la sortie du rapport de *Greenpeace* en 2017, la plupart des géants du Web et du digital,

utilisaient les énergies fossiles, en particulier le charbon et d'autres sources d'énergies polluantes pour combler leur besoin en électricité, plutôt que d'utiliser des énergies propres. Voici un résumé de ce que *Greenpeace* demandait aux membres du *GAFAM* afin de contribuer à la transition énergétique:

«L'industrie high-tech est partie pour connaître une forte croissance dans les années à venir. Avec cette croissance, c'est la consommation de données qui explosera ainsi que l'impact du numérique sur l'environnement. Au nom de la nécessaire transition énergétique et de l'urgence climatique, cette industrie doit basculer vers les énergies renouvelables. Un autre Internet est possible, loin du gaz et du charbon, à la hauteur des défis environnementaux d'aujourd'hui. » *Greenpeace*

Aujourd'hui, des leaders comme *Facebook*, *Apple* et *Google*, sont les premiers à s'être engagés à faire en sorte que leurs réseaux soient alimentés à 100% par les énergies renouvelables. Environ 20 entreprises, actrices internationales sur le marché du Web, du *cloud computing* et de l'hébergement rejoignent petit à petit le mouvement.

Prenons l'exemple de *Google*, qui s'engageait fin 2017 à la neutralité carbone et à utiliser 100% d'énergies renouvelables, aussi bien pour alimenter ses centres de données stockant ses services en ligne, que ses bureaux physiques.

La première étape fut d'optimiser les Data Centers afin de les rendre moins énergivores. Objectif atteint: les centres de données de *Google* (14 à travers le monde) consommeraient 50% moins d'énergie qu'un centre classique.


Deuxième étape: *Google* achète de l'énergie renouvelable en très grande quantité et se dit être la première entreprise mondiale, acheteuse d'énergie renouvelable. L'essentiel de cette énergie renouvelable provient de fermes éoliennes situées aux États-Unis et en Europe du Nord (Danemark, Suède, Norvège, Pays-Bas). Le reste provient d'installations photovoltaïques (Chili).



Et enfin, en ce qui concerne la compensation carbone, c'est à dire tout ce qui concerne les émissions de gaz à effet de serre difficile à éliminer. *Google* investit dans des programmes d'enfouissement et de biogaz.

Les moyens des Géant du Web sont impressionnants, il existe également des façons aussi originales et à plus petite échelle de convertir les émissions à effet de serre provoquées par les centres de données. C'est le cas de la piscine


de la Butte-aux-Cailles, à Paris. Cette piscine est dotée d'une chaudière numérique, un mode de chauffage économique et écologique. Les bassins sont chauffés par des serveurs informatiques situés dans les sous-sols et qui transfèrent de la chaleur dans les bassins. Double effet bénéfique, les serveurs sont plongés dans un bain d'huile, et par un judicieux système de chauffage avec échangeur, en circuit fermé, l'eau refroidit les serveurs qui la réchauffent avant qu'elle ne remonte dans les bassins. Les 6 chaudières ainsi installées permettent de réaliser une économie de 45 tonnes de CO₂ par an.

Réduire notre empreinte écologique sur le net ?

On ne présente plus le moteur de recherches *Ecosia* ( www.ecosia.org), dont les bénéfices sont utilisés pour planter des arbres, lors de chaque recherche effectuée par un internaute. Que pouvons-nous faire d'autre à notre échelle unique pour accompagner la transition énergétique ? Voici quelques petits gestes à mettre en place au quotidien dans votre utilisation du Web :


Dans la lignée d'*Ecosia*, il existe également le moteur de recherches *ECOGINE* ( <https://ecogine.org>), moteur de recherche associatif dont les bénéfices sont reversés à des associations environnementales. Et également, *LILO*, ( www.lilo.org) qui reverse une partie de ses bénéfices à des projets sociaux et environnementaux, notamment en Belgique. Ne vous inquiétez pas, ces moteurs de recherche sont aussi performants que *Google* puisqu'ils utilisent sa technologie. Ainsi que celle de *Bing*, pour *ECOSIA*.




Vous l'aurez compris, l'idée est de ne pas surcharger les serveurs en données qui ne sont pas utiles. Commençons par nos boîtes mail. Supprimez-vous toujours les mails dont vous n'avez plus besoin ? OK, nous sommes tous sans exception envahis par les spams. Voici une petite astuce pour vous en débarrasser: *CLEANFOX*, ( www.cleanfox.io)

L'application va se connecter à votre boîte mail, repérer les newsletters auxquelles vous êtes abonné et vous proposer de vous désinscrire de celles-ci en quelques clics.

Ce que vous pouvez faire, pour aller encore plus loin:

- Conservez vos outils informatiques, ordinateurs, smartphones et tablettes jusqu'à leur dernier souffle et ne soyez plus tentés par le nouveau modèle dès sa sortie. En moyenne, un nouveau modèle de téléphone ou d'ordinateur sort tous les 3 à 6 mois... Cela vous permettra de faire des économies et d'être éco-responsable. Et quand votre appareil numérique n'est plus utilisable, recyclez-le, ne le jetez pas à la poubelle. Plus d'informations sur le site: ( www.recupel.be)
- Quand vous allez sur le Web, privilégiez le chemin le plus court. Quand vous connaissez déjà le site que vous voulez consulter, prenez le temps de taper l'adresse complète du site dans la barre d'URL, et ne tapez pas, par facilité, une recherche qui va vous donner le lien du site. Cela évitera au moins un échange de données jusqu'au serveur du moteur de recherches.
- Évitez aussi d'avoir un tas d'onglets d'ouverts sur votre navigateur, et d'applications ouvertes sur votre ordinateur, si cela est possible dans votre utilisation du Web.
- Nettoyez vos boîtes mail autant que possible, vous devez savoir que les mails que vous conservez sont dupliqués sur les serveurs de votre *provider mail*. Donc quand vous les conservez, ils prennent 2 fois plus de place, mais si vous les supprimez, ils en libèrent aussi 2 fois plus.

On compte sur vous pour mettre en place votre nettoyage de printemps numérique. Si vous avez des habitudes, des idées, des astuces pour contribuer à la transition énergétique, partagez-les nous en nous écrivant à contact@easi-ie.com 



Eorhynchochelys sinensis dans son environnement aquatique: avec ses membres robustes et ses griffes imposantes, il vivait probablement dans des eaux peu profondes le long du bord de la mer et creusait dans la boue pour se nourrir.

BIO NEWS

TEXTE : JEAN-MICHEL DEBRY · J.M.DEBRY@SKYNET.BE
PHOTOS : YU CHEN/IVPP (P.34), HENRIETTA LACKS BY KADIR NELSON (P.35),
REBIKOFF-NIGGELER FOUNDATION (P.35 BIOZOOM), ORANGEAUROCHS/FLICR (P.37)


les pattes sont articulées, puisse «basculer» sous les côtes et que celles-ci, au passage, puissent progressivement s'élargir puis fusionner afin de participer à l'élaboration de la carapace. Cela fait beaucoup d'évolutions convergentes en apparence qui résultent, dans le contexte évolutif, d'une succession d'essais tantôt favorables, tantôt non, mais toujours aléatoires.

L'énigme tortue

Si elle peut paraître banale à force d'être présente un peu partout sur terre et dans l'eau, si elle donne souvent l'impression de sortir tout droit de la nuit des temps, la tortue présente bien des particularités qui la rendent remarquable. Identifiée sous son aspect actuel depuis près de 250 millions d'années, elle est le résultat d'une évolution qui, partant d'un ancêtre aux allures de grand lézard, a mené aux formes que l'on connaît aujourd'hui et qui donnent donc l'impression de n'avoir plus guère évolué depuis longtemps.

C'est peut-être parce que l'animal est doté de structures abouties qui ne connaissent plus que des adaptations à l'environnement, moins visibles aux yeux des profanes. Mais voilà tout de même un reptile qui est doté d'une carapace protectrice renforcée de plaques de kératine dont la partie dorsale est soudée à ce qui reste des vertèbres et dans laquelle peuvent se rétracter tête et pattes. On n'y pense pas en première analyse: pour que la chose soit possible, il a d'abord fallu que la ceinture scapulaire et celle du bassin, sur lesquelles

Jusqu'il y a peu, on n'avait pas réellement eu l'occasion d'identifier de vestiges des stades intermédiaires de cette évolution. Cela pouvait laisser planer un doute sur une sorte de «dessein» évolutif programmé. Mais c'est chose faite depuis peu, depuis qu'on a exhumé du sol de la Chine un fossile vieux de 228 millions d'années. Il a une longue queue encore, mais déjà le bec que l'on connaît toujours chez l'animal d'aujourd'hui. Et surtout, ce spécimen a déjà les côtes élargies, ce qui confère à la cage thoracique l'allure générale de la future carapace. Quant aux ceintures scapulaire et pelvienne, elles sont placées de part et d'autre de cette dernière, à la marge, ce qui a dû favoriser leur intériorisation ensuite.

Cet animal aquatique a reçu le nom peu poétique d'*Eorhynchochelys sinensis*, dont les amateurs pourront aller découvrir le profil particulier sur internet. Un «chaînon manquant», en quelque sorte; mais qui ne manque donc désormais plus vraiment ! 

► *Nature*, 2018 ; 560 : 476-479

Enfin aux cimaises !

La *Smithsonian Institution* de Washington est ce qu'on appelle une institution de prestige. Créée par l'administration américaine au milieu du 19^e siècle, elle constitue aujourd'hui un des fleurons de la science américaine, dans le domaine de la muséographie et de l'éducation des sciences en particulier.

Elle dispose également d'une galerie de portraits qui regroupe toutes les «têtes américaines pensantes» dans le domaine du savoir. Et cette galerie vient de se voir enrichir d'un tableau supplémentaire, celui qui représente, dans une pose très classique, Henrietta Lacks. Sans doute ce nom-là n'évoque-t-il pas grand chose pour les plus jeunes et, autant le dire, ce n'est pas celui d'une savante de renom non plus. C'est celui d'une américaine très modeste, morte à l'âge de 31 ans - en 1951 - d'un cancer du col utérin. Triste et malheureusement banal; pour l'époque au moins. Mais un jeune stagiaire, Otto Gey, a eu l'idée, animé d'un désir bien légitime de confirmer le diagnostic cancéreux, de prélever à l'époque un peu du tissu malade qu'il a mis en culture. Non seulement ce petit fragment a-t-il proliféré, mais il le fait encore près de 70 ans plus tard, dans un très grand nombre de laboratoires du monde entier. La souche originelle, baptisé HeLa (du nom de la donneuse) a entretemps été utilisé dans un nombre considérable de travaux de recherche, à la faveur de mutations induites ou spontanées, et ce n'est pas fini. Et si on rassemblait aujourd'hui toutes ces cellules, on obtiendrait une masse sans aucune mesure avec celle de la mince jeune femme dont le prélèvement originel est issu.

Henrietta Lacks a donc, de façon bien involontaire, largement contribué à l'évolution des connaissances biomédicales et elle le fait encore.



Cela méritait bien un portrait dans une des institutions américaines les plus prestigieuses.

Un dernier mot encore: si pendant des décennies les résultats de tous les travaux portant sur les cellules HeLa ont été largement diffusés dans la presse scientifique spécialisée, ils sont frappés aujourd'hui du sceau de la confidentialité. La raison ? Henrietta Lacks a eu des enfants et tout ce qui a trait en particulier à la génétique des cellules est désormais considéré comme appartenant au patrimoine familial. Cela n'empêche pas les travaux de recherche, mais ça en réduit simplement la diffusion des résultats qui ne sortent plus du cadre fermé des laboratoires. Le respect des droits individuels a également évolué au cours des quelques récentes décennies... ^A

► *Science*, 2018 ; 360 : 838



BIO ZOOM

Ce poisson aux allures effrayantes est un *Caulophryne jordani*. Cet habitant des eaux profondes (de plus de 100 m jusqu'à 1500 m) vient d'être photographié, vivant et en activité, dans sa zone naturelle. Outre son faciès repoussant, l'animal dispose de longs filaments bioluminescents utilisés comme leurre pour détourner l'attention de ses proies.

Excellent exemple de dimorphisme sexuel, le mâle, réduit pour l'essentiel à sa seule fonction reproductrice, ne mesure que 1,5 cm contre 20 cm pour la femelle !



Quelle est la particularité des saxifrages ?

Les amateurs de jardins connaissent cette petite plante qui participe si bien, par ses fleurs abondantes blanches, jaunes, rouges ou mauves aux parterres de rocailles. D'origine montagnarde, elle s'accommode en effet fort bien de conditions difficiles, ce qui lui vaut une étymologie - *saxifraga* - qui signifie «perce-pierre». Elle sait en effet profiter de la moindre anfractuosité de rocher pour y implanter ses racines, une particularité qui n'a pas manqué d'intéresser les amateurs de jardins de rocailles.

Les particularités des saxifrages - on en dénombre plus de 400 espèces - ne s'arrêtent toutefois pas là. L'étude d'espèces d'altitude a permis de constater que ces plantes peuvent résister à un gel parfois sévère. Elles sont plutôt petites déjà, et la surface de leurs feuilles, dentelées, est enrichie de nombreux hydathodes. De quoi s'agit-il ? D'organes spécialisés dans l'externalisation de l'eau. En cas de gel, la plante peut donc sécréter activement une partie de son eau, ce qui réduit le risque de formation intra-tissulaire de glace, dont on sait que les cristaux sont dévastateurs dans les tissus vivants. On a également noté chez des espèces comme *Saxifraga scardica*, la présence au périmètre des feuilles, d'une marge transparente qui agirait comme un déflecteur de la lumière du jour vers les chloroplastes internes, ce qui augmenterait donc les chances pour la plante d'effectuer la nécessaire photosynthèse, même quand la lumière incidente est réduite.

Voilà donc une petite plante commune de nos jardins, pots et balcons qui recèle bien des particularités intéressantes. Le côté merveilleux des choses est souvent à notre portée. Le tout est d'en déceler la présence. ^A

► *Science*, 2018 ; 360 : 45

Du singe à l'homme...

La transition évolutive qui a permis à une lign e de grands singes de donner naissance à l'homme ne cesse d'intriguer depuis presque 2 siècles, notamment par ce qu'elle s'est inscrite dans un délai plutôt court, de l'ordre de 5 à 7 millions d'années. Cette réalité interpelle les anthropologues qui disposent aujourd'hui d'outils leur permettant de comparer, dans le détail, les génomes de grands singes et le nôtre pour y déceler les variations qui pourraient avoir été déterminantes pour justifier l'évolution observée.

Outils performants ou pas, le travail reste titanesque; le génome humain, très proche de celui des grands singes compte tout de même 3 milliards d'éléments qui présentent aussi, outre les différences interspécifiques, des variations individuelles qui nous rendent tous différents. Ce sont donc plusieurs dizaines de génomes appartenant à quelques espèces qu'il faut comparer pour mettre en évidence ce qui pourrait s'avérer significatif. Des chercheurs ont tenté l'aventure, en tablant sur 2 espèces de singes anthropomorphes actuels (le chimpanzé et l'orang

outan) en plus de la nôtre. Au total, ce sont plus de 600 000 variants structurels qui ont été décelés, 17 000 d'entre eux étant spécifiques de l'humain.

Puisque l'évolution la plus importante entre les 2 échelons évolutifs semble être le développement du cerveau, une option a consisté à cibler plus précisément les cellules cérébrales et en particulier celles de la glie, qui constituent l'environnement proximal des neurones. Et il se trouve que 41% des gènes inactivés sont associés à des variations structurelles humaines. Inactivés ? Ce n'est pas surprenant, nombre de gènes ayant une fonction de contrôle: les supprimer ou les inactiver permet donc d'autoriser des réactions et processus. Et c'est peut-être cela (en partie au moins) qui a permis l'évolution observée. On note par exemple la délétion d'une part importante du gène *FADS2* qui opère une sélection des acides gras nécessaires au développement cérébral. Or on sait par ailleurs que si les grands singes consomment peu de viande, les *Homo* l'ont inscrite à leur régime. Ces 2 éléments associés auraient-ils eu un rôle déterminant ? C'est possible mais ils ne sont sans doute pas les seuls à mettre en cause.

Il est clair que l'information se précise mais vu la masse d'informations à traiter, on est loin encore de pouvoir tout décrypter. D'autant que l'évolution reste en marche... ^A

► *Nature*, 2018 ; 559 : 336-336



Pesticides: retour vers le futur

L'agriculture a ses raisons – notamment économiques – que la raison ignore de moins en moins, tant les pesticides de synthèse ont aujourd'hui mauvaise presse, pour leurs effets collatéraux si largement débattus. Puisque la nécessité alimentaire reste une priorité, il est temps de découvrir des alternatives qui ont la même efficacité, mais n'en ont pas les défauts.

Il existe des plantes qui, cultivées en parallèle, peuvent réduire la croissance d'indésirables, voire l'interdire. D'autres, en décoction – on pense au purin d'orties – assurent également une couverture protectrice, fut-elle partielle. Il s'agit dans tous les cas de solutions naturelles, «bio» et très bon marché. Sauf que l'efficacité n'est pas forcément celle des produits de synthèse dont on voudrait bannir l'usage.

La solution se trouve peut-être entre les deux et fait aujourd'hui déjà l'objet d'études très circonstanciées. Certaines plantes disposent par exemple tout à fait naturellement de molécules qui peuvent entraver le développement d'autres. Le mécanisme relève d'une biochimie subtile qui s'inscrit dans des processus très élaborés, donc également précis. Puisque ces derniers sont de mieux en mieux connus et maîtrisés, l'idée

est de tableer sur des molécules naturelles et d'opérer, d'une certaine façon, des «frappes chirurgicales».

Un exemple ? Le gène *astD*, dont disposent les plantes, produit une molécule (la N-succinylglutamate 5-semialdéhyde déhydrogénase) qui protège celles qui en sont porteuses des effets de l'acide aspartérique. Ce dernier est une production - toxique - de champignons comme l'*Aspergillus*, qui agit sur une enzyme du végétal (le déhydroxyacide déhydratase) indispensable à celui-ci pour synthétiser des acides aminés et donc assurer sa croissance. L'idée est donc d'intervenir de façon très spécifique sur ce gène *astD* pour le rendre inactif, ce qui a (ou aurait) pour effet de rendre les végétaux traités sensibles au toxique du champignon et donc d'en inhiber la croissance.

Complexe ? En apparence, mais dans le fond, le procédé est simple. Reste à l'appliquer. Et c'est là qu'on risque de retomber dans les ornières d'un traitement chimique, tant par le mode de fonctionnement que par le coût. On aura certes misé sur un processus naturel, en tablant sur des molécules tout aussi naturelles et de façon hautement spécifique. Il reste à voir tout de même si cela va fonctionner en milieu ouvert, sans dégâts collatéraux. ^A

► *Nature*, 2018 ; 559 : 415-418



Du sens maternel de la fourmi

Chez les insectes sociaux comme les termites, les abeilles et les fourmis, une femelle en particulier acquiert le statut envié de reine, ce qui lui confère le droit d'assurer la descendance de la colonie. Les œufs, une fois éclos, sont ensuite pris en charge par les ouvrières qui, devenues nurses, sont chargées d'alimenter cette génération en devenir.

Sur un plan comportemental, ces attitudes bien définies et tranchées peuvent évidemment mobiliser l'intérêt des chercheurs qui ne se font pas prier pour en connaître les origines, lesquelles doivent logiquement trouver aussi leurs bases dans la génétique des espèces concernées. Ce comportement a en effet dû être acquis à un moment donné de leur évolution, à la faveur d'une ou de plusieurs mutations. Partant de ce postulat, des biologistes de l'Institut Rockefeller de New York ont comparé le contenu génétique de cellules cérébrales de fourmis - reines et ouvrières - de 7 espèces. Et ce que leurs travaux ont clairement fait ressortir, c'est qu'un gène - celui qui produit l'équivalent de l'insuline - est significativement plus transcrit chez les reines que chez ses compagnes de colonie.

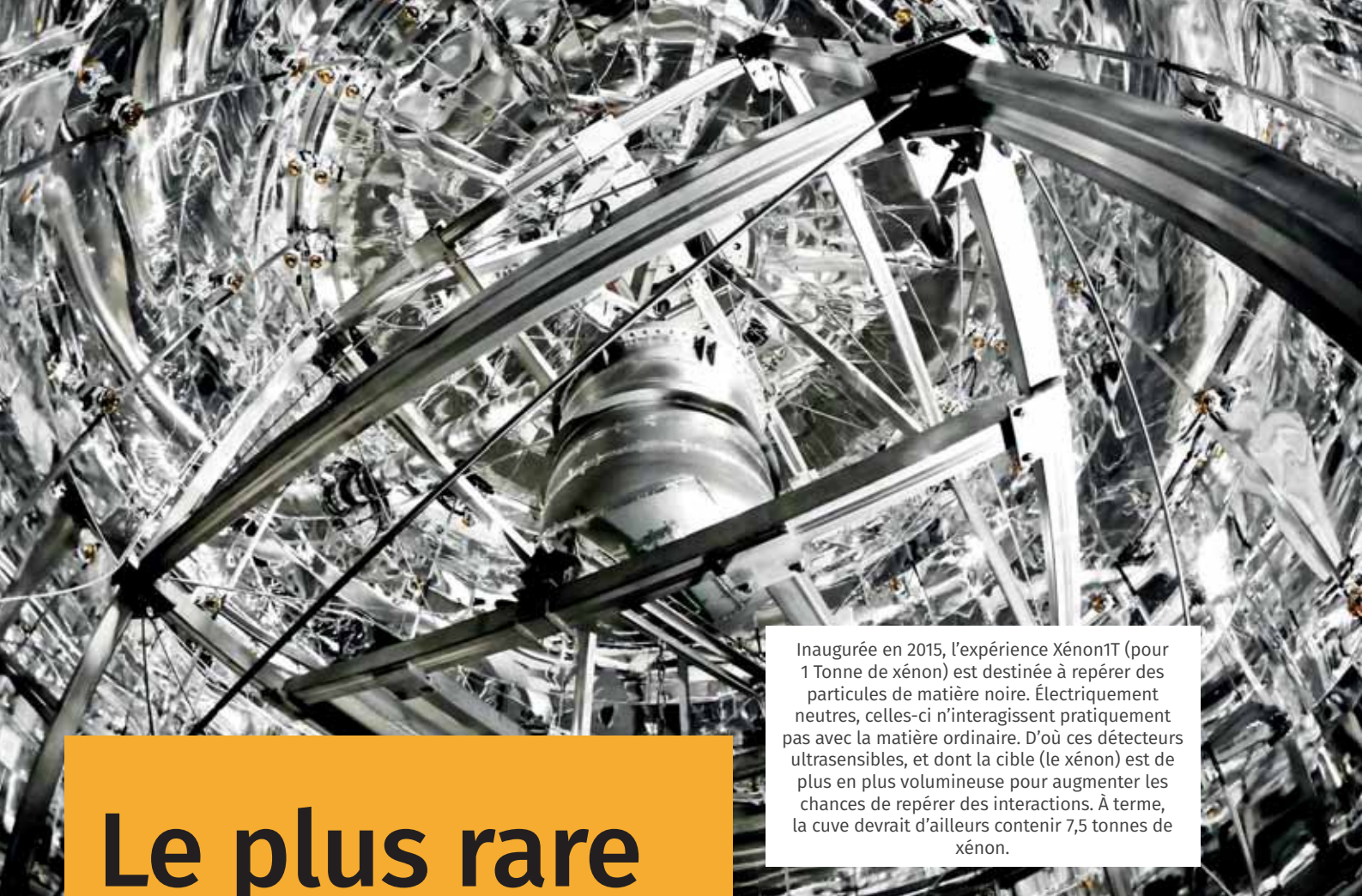
Afin d'apporter un début de preuve à cette découverte, les chercheurs ont testé cette insuline sur une espèce de fourmis connue pour n'avoir pas de reine (*Ooceraea biroi*) et où les ouvrières peuvent donc, dans certaines conditions précises, pondre des œufs. Ce qui est arrivé, c'est que les cohortes de femelles traitées ont non seulement toutes pondu, mais ont assuré normalement l'alimentation de leurs rejetons.

La dérégulation d'un seul gène (sous l'effet d'une voie de signalisation biochimique peut-être complexe) semble donc bien être l'élément unique qui a hiérarchisé la fonction «maternelle» chez la fourmi.

Y a-t-il là un message à exploiter pour notre propre espèce ? Cela n'est pas dit, ni même suspecté. Mais allez savoir... ^A

► *Science*, 2018 ; 361 : 398-402





Le plus rare

Le détecteur XENON situé sous le Gran Sasso en Italie a pour mission de débusquer la matière noire. En vain jusqu'ici. Mais il vient d'observer un phénomène rarissime, le plus rare jamais détecté à ce jour.

TEXTE : HENRI DUPUIS • DUPUIS.H@BELGACOM.NET
PHOTOS : © XENON COLLABORATION (P.38), © NATURE (P.39)

On appelle cela la sérendipité ou l'art de trouver ce qu'on ne cherche pas. L'histoire des sciences est riche de ce phénomène et une publication dans *Nature* ⁽¹⁾ vient encore d'en fournir un bel exemple. L'événement s'est produit dans le détecteur XENON1T dont l'essentiel est composé de 3,5 tonnes de xénon maintenu liquide à -95°C. Le but est de repérer l'interaction d'une hypothétique particule de matière noire avec le xénon sous forme d'une émission de lumière UV détectée par des capteurs très sensibles situés sur et sous le cylindre contenant le xénon. Une quête restée sans succès jusqu'à présent. Pourtant, les détecteurs ont bien enregistré un événement. Mais rien à voir avec la matière noire.

Le xénon existe en effet sous divers isotopes. Rappelons que les isotopes d'un élément sont les différents types d'atomes de cet élément qui ne se

Inaugurée en 2015, l'expérience Xénon1T (pour 1 Tonne de xénon) est destinée à repérer des particules de matière noire. Électriquement neutres, celles-ci n'interagissent pratiquement pas avec la matière ordinaire. D'où ces détecteurs ultrasensibles, et dont la cible (le xénon) est de plus en plus volumineuse pour augmenter les chances de repérer des interactions. À terme, la cuve devrait d'ailleurs contenir 7,5 tonnes de xénon.

distinguent que par le nombre de neutrons; ainsi le xénon le plus abondant est le xénon-132 (¹³²X), stable avec 78 neutrons. Mais il existe aussi des isotopes instables, radioactifs, de ce gaz comme le xénon-124 (¹²⁴X), qui ne compte que 70 neutrons (et bien sûr toujours 54 protons) mais dont ce qu'on appelle l'abondance naturelle (AN) n'est que de 0,1%. Par comparaison, l'AN du ¹³²X est de 26,9%. Comme tous les isotopes radioactifs, c'est-à-dire instable, notre ¹²⁴X n'aura de cesse d'acquiescer plus de stabilité, ce qu'il fera en expulsant de l'énergie sous forme de particules et/ou de rayonnement. C'est le phénomène de radioactivité.

Période radioactive

Au sein d'un ensemble d'atomes radioactifs, de radioéléments, ce phénomène ne va cependant pas se produire simultanément pour tous les atomes. Il existe en effet une loi fondamentale de la radioactivité qui est celle de la décroissance selon une loi exponentielle: au bout d'un temps *t* caractéristique de l'élément et appelé période radioactive ou demi-vie, le nombre de noyaux d'un échantillon radioactif aura diminué de moitié. Au bout de 2 périodes, le nombre aura donc été divisé par 4, par 8 au bout de 3 périodes et ainsi de suite. Notons d'ailleurs au passage que du point de vue mathématique, une telle loi n'est

⁽¹⁾ *Observation of two-neutrino double electron capture in ¹²⁴Xe with XENON1T, Xenon collaboration, Nature volume 568, pages 532-535 (2019).*

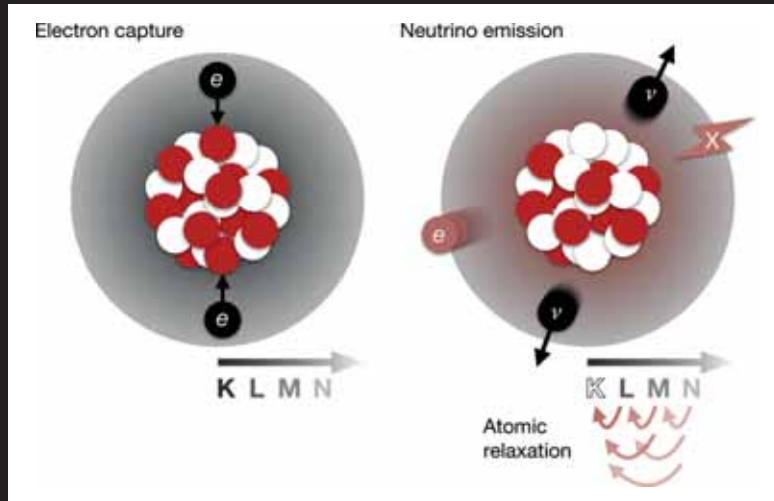


Schéma illustrant la désintégration par double capture électronique:

À gauche, le noyau excité capture 2 électrons provenant de sa couche électronique K; dès lors, 2 protons (boules rouges) deviennent des neutrons (boules blanches), ce qu'on voit sur la figure de droite. En même temps, l'atome émet 2 neutrinos (ν) ainsi que 2 électrons (dits Auger) et surtout un rayonnement X.

Enfin, les électrons des différentes couches électroniques (K, L, M, N) se réorganisent pour remplacer les 2 électrons partis de la couche K.

jamais nulle (la moitié de la moitié de la moitié, etc. n'est jamais égale à zéro !). Cette période est caractéristique de l'élément et ne dépend en rien de facteurs extérieurs comme la température, la pression, etc. Ni d'ailleurs du passé ou du futur de l'isotope. Et surtout, c'est une propriété probabiliste: chaque atome ne va pas se désintégrer après un temps déterminé, prévisible; la demi-vie est simplement la durée à l'issue de laquelle le noyau a une chance sur deux d'être désintégré. Autrement dit, et c'est important de le souligner, la désintégration d'un noyau individuel est un phénomène spontané et aléatoire, impossible à prédire.

En outre, cette période varie énormément d'un isotope à l'autre, allant de quelques fractions de seconde à des milliards d'années ! Ainsi, la période du béryllium-8 (^8Be) par exemple n'est-elle que de $6,7 \cdot 10^{-17}$ secondes. Autant dire qu'il s'agit là d'un isotope « fugitif », disparu depuis belle lurette, qui n'apparaît éventuellement qu'au cours de réactions nucléaires (par exemple dans des réactions provoquées par l'homme dans des accélérateurs de particules) pour disparaître aussi vite. À l'inverse, le bien connu carbone-14 (^{14}C) a une période de 5 730 ans, d'où son utilité comme moyen de datation. L' ^{238}U pour sa part a une période proche de l'âge de notre Terre, 4,4688 milliards d'années.

Différentes formes

Le phénomène de radioactivité ne va pas non plus s'exprimer sous une seule forme. Il y a la radioactivité α au cours de laquelle l'atome qui se désintègre émet 2 protons et 2 neutrons en provenance directe de son noyau. Et la radioactivité β qui comporte 2 cas: la β^- au cours de laquelle un neutron du noyau devient un proton avec éjection d'un électron et d'un antineutrino; et la β^+ ,

phénomène inverse (un proton devient neutron avec éjection d'un positron - électron positif - et un neutrino). C'est celle-ci qui nous intéresse car elle comporte une variante, la capture électronique (appelée aussi désintégration ϵ). Elle se produit lorsque le noyau est déficitaire en neutrons et dans ce cas, le noyau absorbe un électron situé sur une couche électronique de l'atome, ce qui implique qu'immédiatement, un proton devient un neutron comme dans la désintégration β^+ afin de conserver la charge électrique de l'ensemble, et s'accompagne de l'émission d'un neutrino et de rayonnements, dont des rayons X et des électrons.

Rarissime

Les détecteurs ultrasensibles et ultraperformants de XENON1T ont donc bien enregistré un événement, mais il n'a rien à voir avec la matière noire. Le signal reçu s'est révélé, après analyse, être celui d'une double capture électronique simultanée, phénomène encore plus rare que la capture simple. Et qui n'a pu provenir que de la désintégration d'un isotope de ^{124}X . En se désintégrant dans la masse de xénon liquide, l'isotope a produit un rayon X qui a été repéré; les électrons ont été déplacés vers la partie supérieure du détecteur remplie de gaz; là, ils ont généré un second signal lumineux. La différence de temps entre les 2 signaux a permis de déterminer la position de la double capture et l'énergie libérée dans le processus a été déduite de la force des signaux. À l'aide de ces mesures, les physiciens ont calculé la demi-vie de cet isotope: $1,8 \cdot 10^{22}$ années ! Soit bien davantage que l'âge de l'univers qui affiche modestement $13,8 \cdot 10^9$ ans. C'est donc bien le phénomène le plus lent et le plus rare qui ait jamais été observé dans un détecteur. La « chance » pour que l'être humain puisse y assister et surtout l'observer était minime. C'est chose faite. A

À la Une du cosmos

TEXTE : YAËL NAZÉ · YNAZE@ULIEGE.BE ·
HTTP://WWW.ASTRO.ULG.AC.BE/NEWS



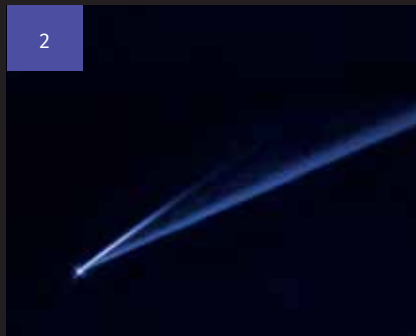
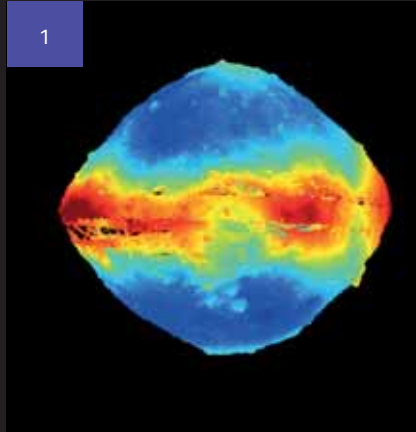
Le trou noir supermassif au centre de la galaxie M87 a été imagé en combinant le signal enregistré par plusieurs télescopes répartis sur Terre. C'est la première image directe d'un trou noir (qui porte une ombre au centre) et de son environnement (un disque de gaz formant l'anneau brillant dans l'image). Elle permet de contraindre ses propriétés physiques.

PHOTO: EHT



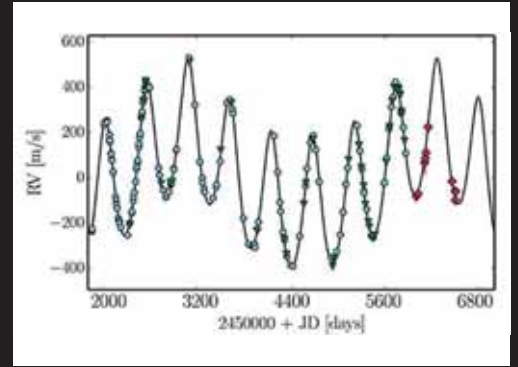
La sonde *InSight* commence à travailler: premiers forages, premiers tremblements martiens, ...

PHOTO: INSIGHT



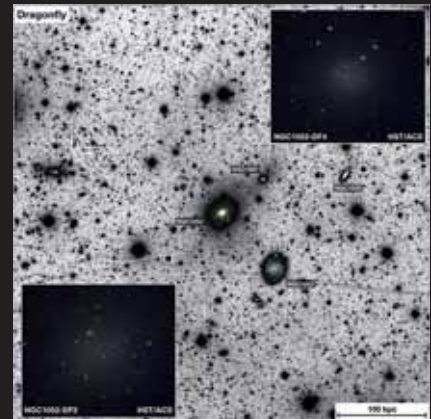
❶ La mission *OSIRIS-REx* fournit ses premiers résultats. Tout d'abord, l'astéroïde qu'elle observe, Bennu, tourne de plus en plus vite sous l'influence de la lumière solaire (effet YORP): la durée du jour diminue d'une seconde par siècle. À cause de sa vitesse de rotation, la matière à l'équateur semble d'ailleurs déjà à la limite du tenable... De plus, Bennu possède une surface vieille (entre 100 millions et un milliards d'années) ainsi que de la magnétite (souvent liée à la présence d'eau). Enfin, Bennu émet des jets de matière (c'est donc un rare astéroïde «actif»). ❷ Dans le même registre, l'astéroïde Gault, qui présente des queues type cométaires, se désintégrerait à cause de sa rotation trop rapide...

PHOTOS: OSIRIS-REX ET HST



Entre les étoiles et les planètes, il existe des «étoiles ratées», aussi appelées naines brunes. En trouvant 2 autour de l'étoile nu Ophiuchi, avec des périodes orbitales multiples l'une de l'autre, les astronomes montrent qu'elles se forment comme des planètes.

PHOTO: A. QUIRRENBACH & T. TRIFONOV



Après diverses controverses, il se confirme finalement que la galaxie NGC 1052-DF2 ne contient pas de traces évidentes de matière noire. Les nouvelles données montrent que sa voisine DF4 non plus, apparemment. En plus, diverses expériences permettent de rejeter divers candidats «matière sombre». Par exemple, on n'a pas trouvé de trace d'effets de microlentille gravitationnelle sur les étoiles de la galaxie d'Andromède: les petits trous noirs primordiaux semblent donc exclus comme composants majeurs de la matière sombre.

PHOTO: VAN DOKKUM ET AL.



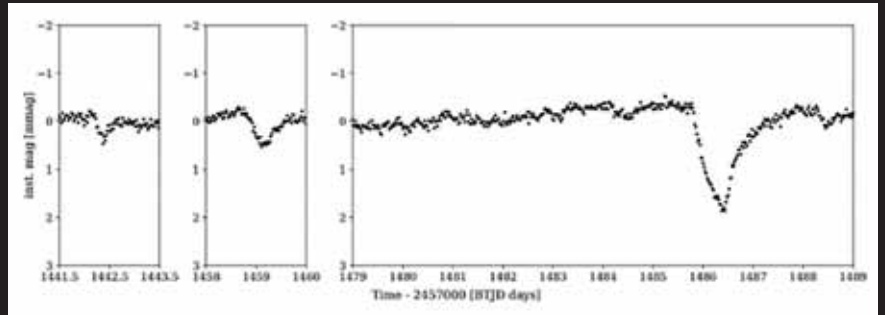
Au début de l'Univers, il n'y avait quasiment que de l'hydrogène et de l'hélium. La première molécule qui est née devait donc être HeH. Jusqu'ici, on n'avait pas trouvé trace de cet assemblage. C'est désormais chose faite avec l'identification de l'ion HeH⁺ dans la nébuleuse planétaire NGC7027 - mais ce n'est toutefois pas un reste primordial, il s'est formé dans la nébuleuse récemment.

PHOTO: HST



Les zones liquides de Titan sont particulières: lacs profonds et remplis de méthane au sud, mers entrecoupées de zones peu élevées au nord-est, petits lacs perchés en altitude au nord-ouest. En parallèle, des simulations tentent de comprendre pourquoi Encelade est la seule «active» (et avec un océan sous-jacent) parmi les lunes proches de Saturne. Mimas, Encelade, Téthys, Dioné et Rhéa sont en fait fort différentes, et leurs propriétés ne semblent pas s'expliquer par leur masse et distance à la planète. Les simulations montrent que les forces de marée seraient suffisantes pour avoir actuellement un océan sous-jacent seulement sur Encelade, Thétys et Dioné. Mimas se serait formé il y a seulement 100 millions à un milliard d'années (formée plus tôt, la lune aurait migré vers une orbite plus éloignée à cause des interactions gravifiques avec les anneaux) et Rhéa serait trop rocheux pour réagir.

PHOTO: CASSINI



On savait que l'étoile Bêta Pictoris possédait certainement des comètes. La mission *TESS* en détecte leur signature alors qu'elles passent devant l'étoile.

PHOTO: ZIEBA ET AL.



L'instrument *GRAVITY* de l'Observatoire Européen Austral (ESO) a observé une exoplanète déjà connue (HR8799e), mais au moyen de la technique dite d'interférométrie optique, une première. Ces données ont permis d'étudier l'atmosphère de ce super-Jupiter, qui s'avère complexe et tempétueuse, avec un excès de monoxyde de carbone probablement dû à des vents verticaux puissants et des nuages de fer et de silicates.

PHOTO: ESO (VUE D'ARTISTE)



Après la Chine et les États-Unis, l'Inde teste à son tour le missile anti-satellite en détruisant un de leurs satellites. Heureusement, il se trouvait à seulement 300 km d'altitude - les débris retomberont rapidement, contrairement à l'essai chinois.

PHOTO: © PRESS INFORMATION BUREAU, GOV. OF INDIA



Publication du plus grand catalogue de spectres d'objets célestes (presque 10 millions !) grâce au télescope chinois *LAMOST*.

PHOTO: LAMOST



Le télescope *Gemini*, équipé d'un système optique dernier cri, a découvert l'un des plus anciens amas de la Galaxie. Situé à quelques milliers d'années-lumière du centre galactique, l'amas globulaire HP 1 permettra de mieux comprendre le passé et l'évolution de la Voie Lactée.

PHOTO: GEMINI



Avant d'être mis en orbite le 22 août 2018, le satellite européen d'observation *Aeolus* a été testé de façon intensive dans le simulateur *Focal-5* du Centre Spatial de Liège.

Quoi de neuf dans l'espace ?

La Wallonie spatiale fait preuve de beaucoup de dynamisme au sein de l'Europe dans l'espace. Elle tire judicieusement parti de la participation de la Belgique à l'ESA (*European Space Agency*). Aujourd'hui, ce sont une quarantaine d'équipes scientifiques et industrielles - membres de l'association *Wallonie Space*, au sein du Pôle aérospatial *Skywin* - qui démontrent un savoir et un savoir-faire dans la mise en œuvre de systèmes spatiaux

TEXTE: THÉO PIRARD | PHOTO: CSL



Les systèmes spatiaux sont particulièrement exigeants en matière de qualité et de fiabilité: ils doivent fonctionner dans un environnement sévère, fait de fortes radiations et de grandes variations de température.

Quel rôle a l'industrie spatiale wallonne dans la réussite d'une mission sur orbite ?

Cette industrie a un rôle clef pour l'accès à l'espace en participant au programme européen du lanceur *Ariane* dès les débuts. Ainsi chaque fusée *Ariane* remplit sa mission de mise en orbite de satellites grâce à des équipements wallons: l'électronique de bord et la sauvegarde avec *Thales Alenia Space Belgium* (Charleroi), le pilotage avec des servo-moteurs de *SABCA* (Bruxelles), la propulsion utilisant des vannes de *Safran Aero Boosters* (Herstal-Liège).


Une fois sur orbite, les satellites doivent pouvoir remplir leur mission dans les meilleures conditions. Le CSL (*Centre Spatial de Liège*) est

spécialisé dans leurs essais sévères dans des simulateurs du vide spatial. La société *Amos* (Liège) participe à ces tests poussés; son expérience lui a permis de fournir des simulateurs spatiaux à l'Inde. *Spacebel* (Liège) développe des logiciels sur mesure qui permettent de qualifier des charges utiles pour leur bon fonctionnement dans l'espace.

Pour quelles spécialités l'Europe fait-elle confiance au *made in space wallon* ?

L'alimentation électrique des satellites passe par Charleroi chez *Thales Alenia Space*: son conditionnement d'énergie équipe de nombreux satellites géostationnaires. *Spacebel* fournit l'intelligence de bord de systèmes spatiaux. L'instrumentation dans l'espace fait appel à des composants à hautes performances de *Deltatec* (Ans-Liège). La micro-optique pour les senseurs de satellites est la spécialité d'*Amos* et de *LambdaX* (Nivelles). *Sonaca* (Gosselies-Charleroi) réalise des structures complexes, alors que *Euro Heat Pipes* (Nivelles) propose de les refroidir au moyen de caloducs innovants.

Comment se positionnent les acteurs wallons dans le phénomène *New Space* ?

La Wallonie spatiale mise précisément sur sa capacité d'innover avec son tissu de petites et moyennes entreprises high-tech. Il s'agit de rester en éveil pour répondre aux défis de micro-satellites performants. Les Universités de Liège, de Mons et de Louvain-la-Neuve, la Hepl (Haute École de la Province de Liège) ont des activités pour sensibiliser les étudiants à la nouvelle technologie *CubeSat*. Une start-up - jeune pousse - prend forme à Mont-Saint-Guibert sous le nom de *Aerospacelab*. Son jeune créateur, Benoît Deper, mise sur une télédétection intelligente pour la surveillance permanente du milieu terrestre. Un premier satellite miniaturisé est en préparation pour un lancement en 2020 avec une fusée indienne *Pslv*. Une dizaine d'autres sont d'ores et déjà envisagés pour former une constellation d'yeux en orbite. L'objectif, en employant des algorithmes d'intelligence artificielle, est de pouvoir traiter en un temps record l'information contenue dans l'imagerie de cette constellation qui prendra en continu des vues à haute résolution de notre environnement. 

MAIS ENCORE...

Business spatial: hausse du trafic sur orbite

La *SIA* (*Satellite Industry Association*) fait état d'une forte augmentation en 2018 du nombre de satellites en activité: environ 2100. Soit plus de 300 par rapport au chiffre de 201. Alors que les satellites commerciaux de télécommunications ont connu une croissance de 22%, ce sont les satellites d'observation qui ont augmenté de 39%. Ainsi de nombreux microsats de type *CubeSat* ont-ils été lancés. Dans les 3 prochaines années, le trafic sur orbite va croître de façon dramatique: il devrait doubler, voire tripler ! Avec le déploiement, pour l'internet global à haut débit, de méga-constellations qui vont compter des centaines, voire des milliers de satellites au-dessus de nos têtes. Bel embouteillage en perspective. Les États qui ont la responsabilité de la bonne gestion de l'environnement spatial ne se font guère du souci quant à sa détérioration irréversible.

Belges à la tête de nouveaux systèmes de télécommunications spatiales

- Mark Rigolle dirige l'entreprise *Leosat Enterprises* qui est basée en Floride et aux Pays-Bas. Son objectif est de déployer pour 2022 un système global de liaisons à grande capacité, qui consistera en une constellation de jusqu'à 108 satellites interconnectés par faisceaux laser. Ces satellites-relais de 670 kg qui seront placés sur orbite polaire à 1 400 km sont à l'étude chez *Thales Alenia Space*. Le financement de cet ambitieux projet de «fibre optique» via l'espace est en quête d'investisseurs dans le monde. Sa réalisation ne peut attendre face à une demande qui ne cesse pas de croître.
- Christian Patouraux a créé à Singapour la société *Kacific Broadband Satellites* pour développer des connexions à large bande dans les nombreux pays et archipels du Pacifique, afin de désenclaver leurs populations isolées pour les services numériques. Avant la fin de l'année, une fusée *Falcon 9* de *SpaceX* va lancer un premier satellite à haut débit, le *Kacific-1* de 6,8 t commandé à *Boeing* conjointement avec l'opérateur japonais *Sky Perfect Jsat*.

Points communs entre ces 2 entrepreneurs: formés dans des universités belges, ils ont acquis et mûri leur savoir-faire auprès de l'opérateur luxembourgeois de satellites *Ses*.

Nouveau retard pour le vol spatial privé

Depuis la mise à la retraite du *Space Shuttle* en juillet 2011, l'accès d'équipages à l'*Iss* (*International Space Station*) est assuré par des vaisseaux russes *Soyouz*. Avec son programme *CCDeV* (*Commercial Crew Development*), la *Nasa* misait sur la libre entreprise pour les missions de ses astronautes: *Boeing* avec le *Starliner* et *SpaceX* avec le *Crew Dragon* étaient choisis pour proposer leurs services. En ce temps de *New Space*, on estimait que l'entreprise privée serait en mesure de respecter le planning pour des vols dès 2017... La mise au point des systèmes privés pour la desserte de l'*Iss* se révèle plus délicate que prévu, étant donné les contraintes de sécurité. Tant le *Starliner* que le *Crew Dragon* accumulent les retards. Notamment à cause d'un problème de déploiement des parachutes de freinage. Le *Crew Dragon* a, le 20 avril, connu un contretemps sérieux: son modèle de démonstration était détruit lors d'un test crucial au sol, à cause du mauvais fonctionnement de son système de propulsion *SuperDraco*.



Apollo-11: le 21 juillet 1969, au pied du module lunaire Eagle, l'astronaute Edwin Aldrin plante la première expérience scientifique. Elle avait été conçue par un laboratoire suisse pour l'étude du vent solaire.

Quid du retour sur la Lune ?

Ces 20 et 21 juillet, on célébrera la prouesse historique des premiers pas de Terriens sur leur satellite naturel. C'était l'aboutissement d'un audacieux pari lancé par le président américain John F. Kennedy (1917-1963), le 25 mai 1961, dans un discours désormais célèbre devant les membres du Congrès: *«Il est temps pour cette nation de prendre clairement le dessus dans les réalisations spatiales qui, à maints points de vue, sont les clefs de notre avenir sur Terre. Je crois que cette nation doit s'engager à tenir le pari suivant: avant la fin de la décennie, faire arriver un Homme sur la Lune et le ramener sain et sauf sur la Terre. Aucun autre projet durant cette période ne sera plus impressionnant pour l'humanité, ni plus important pour l'exploration de l'espace à long terme; aucun ne sera aussi difficile ni aussi coûteux à réaliser.»*

TEXTE: THÉO PIRARD - THEOPIRARD@VAHOO.FR
PHOTO: NASA

Il s'agissait de redorer le blason des États-Unis face à une URSS (Union des Républiques Socialistes Soviétiques) qui triomphait de façon spectaculaire dans le cosmos: premier satellite, premières sondes lunaires, premier vol habité autour de la Terre... L'Amérique trouve les ressources financières et mobilise son potentiel industriel pour décrocher la Lune dans les temps prévus. Le compte à rebours était enclenché. Cette Amérique, qui balbutiait en 1961 pour la technologie des vols spatiaux habités, avait 104 mois - jusqu'en décembre 1969 - pour gagner son pari. Cent-quatre mois d'une intense mobilisation à une époque où on n'avait ni PC portables, ni Internet à la portée d'un clic: le téléphone, le télex et la télévision étaient les seuls moyens d'information et de communication. C'était l'époque où l'informatique fonctionnait avec d'énormes machines (*Ibm, Honeywell, Raytheon, le Mit*) utilisant des milliers de cartes perforées... Au moment de l'annonce de la promesse du Président Kennedy, la jeune *Nasa* (*National Aeronautics & Space Administration*) devait encore réussir une mission habitée autour de la Terre ! Les mois allaient s'égrener avec un réel suspense mais dans une politique de transparence. Toute proposition pour gagner du temps était la bienvenue. On allait donner libre cours à l'initiative technologique. Tel fut le coup de poker du Programme *Apollo*.

Le triomphe américain en 98 mois !

Les Américains ont mis les pieds sur la Lune et sont revenus sains et saufs avec des échantillons

de son sol 98 mois après le coup d'envoi lancé par le Président Kennedy mais celui-ci, assassiné le 22 novembre 1963, n'est pas là pour vivre l'exploit d'*Apollo-11*. À la fin de 1969, ils sont même 4 astronautes - grâce à la réussite d'*Apollo-12* en novembre - à avoir foulé la surface lunaire. De juillet 1969 à décembre 1972, 12 astronautes de la *Nasa* vont explorer 6 sites de la Lune. En tout, ce sont 383 kg de roches et poussières lunaires qui sont récoltés et ramenés sur Terre. Les 9/10^e de ces précieux échantillons se trouvent stockés dans 2 laboratoires au Texas, qui sont protégés des séismes. Il était prévu de réaliser des missions lunaires jusqu'à *Apollo-20*. Finalement, les 3 dernières sont supprimées faute de budget, par manque d'intérêt surtout du Président Nixon. La Lune au sol grisâtre, parsemée de cratères, ne séduit plus. Mais la formidable odyssée de son exploration avec le programme *Apollo* a démontré que l'espace est un formidable stimulant de matière grise. Surtout, l'aventure humaine sur la Lune a jeté un regard nouveau sur notre vaisseau spatial, la Terre. Une planète bleue qui est à sauvegarder, à tout prix.

Il y eut bel et bien, durant les *golden sixties*, un duel entre Washington et Moscou pour conquérir la Lune. Les autorités de l'Union Soviétique, fidèle au sacro-saint secret de l'appareil militaro-industriel, ont dissimulé pendant 30 ans le grand échec des efforts entrepris pour qu'un cosmonaute soit le premier à la surface lunaire. Leur engin automatique *Luna-15* est venu jouer le trouble-fête durant l'historique mission *Apollo-11*. Lancé le 13 juillet 1969, 3 jours avant l'envol de Neil Armstrong, Edwin Aldrin et Michael Collins, la sonde soviétique doit rapporter quelques grammes de sol de notre satellite naturel. Question de démontrer qu'un robot peut éviter de faire courir des risques à des vies humaines. *Luna-15* s'écrase à la surface lunaire le 21 juillet, quelques heures après la marche historique d'Armstrong et d'Aldrin. Il faut attendre *Luna-16* en septembre 1970 pour réussir cette mission d'un automate.

Néanmoins, Moscou avait bien l'intention de faire arriver un cosmonaute avant les astronautes de la *Nasa*. Les satellites-espions américains ont pu suivre la mise en œuvre, sur le cosmodrome de Baïkonour, d'une importante infrastructure pour le lanceur géant *N-1*, mais celui-ci a connu des échecs cuisants en février et juillet 1969 ! En fait, l'URSS s'y est pris trop tard, la décision du programme n'étant prise qu'en 1967 et elle n'a pu susciter l'entente primordiale entre ses constructeurs en chef et bureaux d'études. Aujourd'hui, la Russie fait preuve d'une certaine nostalgie: elle fournit des plans d'exploration lunaire, mais leur coûteux financement fait défaut.


Une promesse osée pour 2024 ?

L'Amérique, à la faveur du phénomène *New Space* de privatisation des systèmes spatiaux, entend retourner sur la Lune. Ainsi, le 26 mars dernier, le vice-président Mike Pence créait une certaine surprise en annonçant devant le *National Space Council* qu'il fallait envisager l'arrivée sur le sol sélène d'Américains et Américaines, dès fin 2024. Le tandem Trump-Pence - il entend bien être réélu en 2020 - veut terminer en beauté sa présidence. Sans doute la crainte de voir les taïkonautes chinois prendre la relève des astronautes américains sur la Lune pousse les États-Unis à se replacer dans les missions lunaires habitées. La *Nasa* proposait à ses partenaires - l'Europe, le Canada, le Japon - de donner une suite à l'*Iss* (*International Space Station*) avec un poste avancés autour de notre satellite naturel: le *LOP* (*Lunar Orbital Platform*) Gateway qui devait être desservi par un vaisseau *Orion*, équipé d'un module de service *made in Europe*. La réalisation du *LOP Gateway* devait démarrer dès 2023... à condition de disposer du lanceur lourd *Sls* (*Space Launch System*). Mais le projet du retour américain sur la Lune dans les 60 mois qui viennent remet en question ce planning.

Des astronautes à nouveau sur le sol lunaire dans 5 ans avec une mission *Artemis*: cette ambition suscite un certain scepticisme. Aucun budget n'est encore finalisé pour en assurer la mise en œuvre. Il faut disposer d'une fusée du type *Sls* qui soit performante et fiable pour placer près de 100 t en orbite basse. Mais le développement d'une version avec des éléments propulsifs du *Space Shuttle* a déjà pris beaucoup de retard. Une première version doit être testée en 2020. La *Nasa* doit miser sur l'initiative privée du *New Space* pour tenir l'engagement *Objectif Lune* de l'administration Trump-Pence. D'ailleurs, dès le 9 mai, Jeff Bezos, le riche patron d'*Amazon*, s'inscrivait dans la stratégie présidentielle en dévoilant l'imposant atterrisseur lunaire de sa société *Blue Moon*. Son autre entreprise *Blue Origin* prépare le lanceur partiellement réutilisable *New Glenn* pour satelliser jusqu'à 40 t: son premier vol est planifié pour 2021. Par ailleurs, Elon Musk avec *SpaceX* et son énorme lanceur *Super Heavy Starship* pourrait bien emboîter le pas à Jeff Bezos.

Présence chinoise à l'horizon 2030...

Au cours de la prochaine décennie, il devrait vraiment y avoir du monde pour explorer, voire exploiter des ressources sur notre satellite naturel. Plusieurs sondes vont reprendre de façon intensive le chemin de la Lune. Les nations asiatiques seront particulièrement actives dans ces missions lunaires. Israël avec la société *SpaceIL* s'efforcera de faire oublier l'échec, le 11 avril dernier, de sa sonde *Beresheet* durant la phase finale de sa descente sur la Lune. De son côté, l'Inde pourrait devenir cet été le 4^e pays à atteindre le sol lunaire avec sa mission *Chandrayaan-2*. Celle-ci comprend, en plus de l'atterrisseur *Vikram* et du micro-rover *Prayan*, un orbiter avec des instruments scientifiques. À noter la participation de la société liégeoise *Amos* dans le développement de l'*lirs* (*Infrared Imaging Spectrometer*) à bord de l'orbiter indien.

Le Japon et la Corée du Sud préparent des atterrisseurs lunaires. C'est surtout la Chine qui marque des points dans la redécouverte de la Lune. Le 3 janvier, *Chang'e-4* est devenu le premier engin à se poser sur la face cachée et à y faire rouler l'automate *Yutu-2*. *Chang'e-5* est en préparation pour aller chercher quelques kg d'échantillons de sol lunaire et les faire revenir au début de 2020. D'autres explorateurs *Chang'e* sont planifiés durant la prochaine décennie afin de préparer l'arrivée d'un vaisseau avec taïkonautes vers 2030. À maintes reprises, des experts de la Chine spatiale ont fait état de leur intérêt pour une base lunaire permanente. Un projet de lanceur lourd *CZ-9* est à l'étude pour cette phase d'exploitation de la Lune. 

À lire avec nos enfants

TEXTE: LUCIE CAUWE · LUCIE.CAUWE@GMAIL.COM

L'Univers et les Hommes



Les inventrices et leurs inventions, textes d'Aitziber Lopez, illustrations de Luciano Lozano, traduit de l'espagnol par Sébastien Cordin, *Éditions des Éléphants*, 40 pages, 14 euros.

Voici 15 inventions qui ont considérablement amélioré le quotidien. Leur point commun ? Elles ont toutes été inventées par des femmes et on ne le sait pas. Cet album venu d'Espagne comble cette lacune, expliquant brièvement les inventions et le parcours des inventrices, notamment le long chemin à souvent parcourir pour obtenir que le brevet soit établi à leur nom. Le texte vif est soutenu par des illustrations malicieuses. Alors quelles sont-elles, ces 15 inventions féminines ? Les voici: chauffage pour la voiture, *Monopoly*, couches jetables, lave-vaisselle, kevlar, fusées de signalisation, verre anti-reflet, principe du wifi, seringue médicale, périscope sous-marin, tests diagnostiques, canot de sauvetage, essuie-glace, liseuse électronique, vidéosurveillance domestique. Autant d'histoires étonnantes.

À partir de 6 ans.



L'avion qui vole avec le soleil, texte de Michèle Piccard, illustrations de Martin Saive, *Larousse Jeunesse*, 96 pages, 14,95 euros.

On se souvient de l'immense défi humain, technologique et écologique qu'a été le tour du monde, en 2016, de l'avion *Solar Impulse 2*. 40 000 km sans carburant, en 23 jours, de jour et de nuit, uniquement grâce à l'énergie du soleil, c'est fou quand on y pense. Michèle Piccard, épouse de Bertrand Piccard, à l'origine de cette aventure dont il a été un des deux pilotes, raconte par le menu cette incroyable aventure familiale et sociétale: récit pur, zooms techniques, photos, cartes, quiz, étapes, difficultés, solutions. Elle ajoute de nombreux chapitres sur le projet, l'avion, les pilotes, l'entraînement, pour qu'on comprenne mieux quelle aventure extraordinaire a été ce voyage qu'on pensait impossible. Présentant de nombreuses photos, l'album est aussi illustré de petits dessins pleins d'humour.

À partir de 7 ans.



Habiter le monde, texte d'Anne Jonas, illustrations de Lou Rihn, *De La Martinière Jeunesse*, 72 pages, 16,50 euros.

Combien sommes-nous sur terre ? Sept milliards ? Sûrement. Et combien de types d'habitats ? Pas autant évidemment mais une incroyable variété qui montre le génie de l'homme pour s'adapter à son environnement spatial et climatique. S'abriter, se protéger des intempéries, établir son lieu de vie, le décorer et l'embellir, les formes architecturales sont multiples. Elles répondent aux milieux géographiques et sociaux dans lesquels évolue l'homme. Ce grand format magnifiquement illustré nous emmène pour un tour du monde de l'habitat. Plutôt transversal car les chapitres s'intéressent à la production d'ombre et de fraîcheur, à la lutte contre le froid, à l'apprivoisement de la pluie, à la résistance au vent et aux catastrophes naturelles. La question du paysage est également abordée, qu'il s'agisse de s'y fondre, de s'y cacher, de l'inventer, de s'y regrouper ou de s'y isoler. Les sujets les plus actuels comme la récupération y sont également abordés. Autant de preuves du génie inventif de l'être humain.

À partir de 9 ans.



Mon cahier d'activités nature (le potager), texte de Philippe Godard et Marie-Christine Jacquet, illustrations d'Isabelle Simler, Nathan, 40 pages, 8,90 euros.

Ce cahier propose de réaliser un potager bon et bio, qu'on habite en ville ou à la campagne, qu'on ait un jardin ou un balcon. Ce n'est pas compliqué. Il suffit d'un peu de terre, d'eau, d'un peu de travail et de patience. Haricots et radis peuvent être complétés d'autres semis, à réaliser dans une cagette ou dans un sac en toile de jute. Les explications sont claires et abordent aussi le compostage, les outils du jardinier, les animaux amis des plantes. Elles sont accompagnées d'un calendrier des semis. Une excellente première approche ludique et pratique.

Dans la même collection, et donc dans le même esprit, **Mon cahier d'observation et d'activités (les oiseaux)**, texte d'Eve Herrmann, illustrations de Roberta Rocchi, Nathan, 40 pages, 8,90 euros. Pour reconnaître et protéger les oiseaux à la ville comme à la campagne.

À partir de 5 ans.



Dans tous les sens, texte de Philippe Nessmann, illustrations de Régis Lejonc, graphisme et photos de Célestin, Seuil Jeunesse, 88 pages, 18,50 euros.

Les sens, on le sait bien, on en a 5: la vue, l'ouïe, le toucher, l'odorat, le goût. Chacun fait l'objet d'un chapitre étendu, multipliant les informations, partant, pour le meilleur, dans tous les... sens. Quelle profusion d'informations intéressantes et auxquelles on n'aurait pas nécessairement pensé ! Explications scientifiques, interviews, expressions, anecdotes s'enchaînent, complétées par des dessins et une foule d'éléments visuels dans une mise en pages bien pensée. L'ouvrage, de grand format et bien épais, s'achève sur un chapitre qui interroge la question du sixième sens, celui qu'auraient par exemple les animaux et sur d'autres sens aux noms compliqués que l'humain possède sans le savoir, la proprioception et l'équilibriception par exemple. Des connaissances qui seront développées par les scientifiques dans les prochaines années. À suivre donc.

À partir de 8 ans.

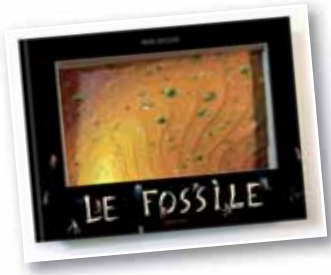


La la langue, textes d'Aliyah Morgens-tern et Susie Morgenstern, illustrations de Serge Bloch, Saltimbanque Éditions, 40 pages, 13,90 euros.

Il y avait le film *Lalaland*, il y aura désormais le livre documentaire *La la langue*, sous-titré *Comment tu as appris à parler*. Il explique en effet tout simplement aux enfants comment ils ont appris à parler. Une question qu'on ne se pose jamais. Ou qui, si on la pose, ne trouve pas de réponse. Car qui se souvient de cet apprentissage ? Pourtant, que d'enseignements sont à trouver dans les étapes de ce sujet fondamental. De ce trésor aussi qu'est le langage. Joyeusement illustré, l'album explique comment un *infans* devient un individu doué de langage. Il est passionnant de découvrir ce qui se passe quand le bébé a entre 0 et 8 jours, les découvertes qu'il fait durant ses 3 premiers mois, comment il exerce sa voix, babille, dit ses premiers mots, construit sa langue (entre 16 mois et 2 ans et demi), raconte (3-4 ans), parle comme tout le monde, lit et écrit ensuite. À découvrir ces différents paliers, on réalise quel prodige quotidien est l'acquisition du langage.

À partir de 6 ans.

Les animaux



Le fossile, Max Ducos, Sarbacane, 35 pages avec découpes, 24,90 euros.



L'éléphant, Jenni Desmond, traduit de l'anglais par Ilona Meyer, Éditions des Éléphants, 48 pages, 14 euros.



Merveilleuses naissances, Aina Bestard, Saltimbanque Éditions, 72 pages, 16 euros.

Cet album peu commun se présente comme un cadre vide qui laisse voir des pages aux découpes en courbe. De quoi s'agit-il ? Tout simplement de la découverte d'un fossile par le jeune Clément, en balade avec son papa et leur chien qui repère un drôle de caillou. Scientifique en herbe, le jeune garçon devine tout de suite qu'il s'agit d'un fossile. Et son père décide de prévenir l'université. On va dès lors assister à un véritable chantier de fouilles dans ces pages découpées en forme de coupes de niveau. Car le lecteur creuse en même temps que l'équipe du paléontologue et fait apparaître ce qui se révélera être un squelette de dinosaure complet. Le procédé narratif est extrêmement plaisant, d'autant plus intéressant que des explications se trouvent dans les pages de gauche, qui permettent de comprendre l'avancée des recherches. Le travail se conclut par une dernière surprise pour ceux qui sont en train de fouiller, car le dinosaure géant en avait attrapé un petit dans sa gueule. Et l'album se conclut par une surprise pour le lecteur, le squelette reconstitué qui se déploie en un superbe pop-up en 3D ! D'ultimes explications racontent le chemin des dinosaures jusqu'à nos musées.

À partir de 5 ans.

La jeune auteure-illustratrice britannique Jenni Desmond a une formidable manière de composer ses albums documentaires racontant différentes espèces animales. Elle met en scène un(e) jeune lecteur/riche qui plonge dans les pages d'un livre consacré à ladite espèce. On suit ainsi de page en page ses découvertes, fort bien documentées. Les explications sont mises à hauteur d'enfant par diverses comparaisons pertinentes. Ici, le héros s'intéresse aux éléphants. Et c'est fou ce qu'on apprend au sujet du plus grand mammifère terrestre du monde ! Bien sûr, il y a les connaissances de base, et les différences entre espèce d'Afrique et espèce d'Asie. Mais il y a aussi le mode de vie, troupeau réuni autour d'une matriarche attentive, le fait que l'éléphant est gaucher ou droitier quand il utilise ses défenses, qu'il a une ouïe inouïe et un odorat très développé, ce qui contrebalance sa faible vue, qu'il respecte ses morts. Un merveilleux album, splendidement illustré, tout à fait dans la ligne des précédents, *La baleine bleue* et *L'ours polaire* (même éditeur).

À partir de 7 ans.

Si les enfants savent en général d'où viennent les bébés humains, ils n'ont pas toujours les mêmes connaissances en ce qui concerne les animaux. Sauf peut-être à propos du chien ou du chat. Or il existe des naissances merveilleuses dans le règne animal. Sept d'entre elles nous sont présentées dans cet album à l'italienne, grâce à un très astucieux et très esthétique système de calques qui permet de voir les illustrations en transparence, et de découvrir ainsi les étapes de ces naissances pas comme les autres. On découvrira ainsi les particularités des manchots empereurs où la mère et le père se relaient pour les soins au bébé, de la tortue terrestre qui abandonne ses œufs après avoir choisi le meilleur endroit pour les pondre, de l'hippocampe où le père porte les petits dans une poche et non la mère, du kangourou roux où la maman très organisée s'occupe de tout, de la grenouille et du papillon monarque qui naissent et grandissent seuls sans jamais connaître leurs parents et enfin de la baleine bleue, mammifère grand voyageur. Un texte simple et des dessins de toute beauté accompagnent ces découvertes.

À partir de 6 ans.





Mais qu'est-ce que c'est ?, textes de Raphaël Martin, illustrations de Claire, Schwartz, Saltimbanque Éditions, 96 pages, 14,50 euros.

Voilà un livre-devinette carré fort amusant. Il se décline en doubles pages où on voit à gauche une bizarrerie de la nature, formes mystérieuses, et à droite son explication, nids, coquillages, chrysalides, larves... Des dessins expressifs très réussis et des explications utiles nous font découvrir 44 situations curieuses en apparence mais tout à fait normales. Ainsi, selon sa taille et sa localisation, un étrange monticule est une fourmilière, ou une hutte de castor, ou une taupinière... Dans les arbres, on trouve des boules qui ne sont pas que des boules. Sur la plage, des ongles géants qui sont des coquilles de couteau. Ce qui est original ici, c'est que la question initiale est toujours formulée selon une observation d'enfant, une boule de Noël, une sucette, un tas de boue... et ensuite expliquée dans sa réalité. De quoi regarder différemment la campagne, les bois, les rues, le bord de mer et apprécier les énigmes que propose la nature.

Pour tous à partir de 5 ans.



Océans... et comment les sauver, Amandine Thomas, Sarbacane, 40 pages, 16,90 euros.

Aujourd'hui, on sait bien que les océans, ces merveilles de la nature regorgeant encore de mille secrets, sont en danger. Leur équilibre est gravement menacé. À moins que les humains ne se réveillent et se décident à les protéger. Cet album magnifiquement illustré de dessins présente 10 écosystèmes marins. Une double page montre d'abord une carte permettant de les situer. Ensuite, chacune des doubles pages détaille un de ces lieux merveilleux, de la grande barrière de corail aux îles Galapagos en passant par la fosse des Mariannes et l'Arctique. Chaque fois, des explications en forme de légendes à ce qu'on voit dans le site et des manières de contribuer à les protéger. Une approche ludique avec des enfants dessinés qui dialoguent, des vrai ou faux, des jeux, et pratique qui permet aux enfants et à leur famille de s'investir facilement.

À partir de 7 ans.



Les géants de l'âge de glace, Jack Tite, traduit de l'anglais par Eric Marson, Saltimbanque Éditions, 64 pages non foliotées, 14,90 euros.

Le changement climatique, on en parle beaucoup au présent, mais sait-on qu'il a commencé il y a 2,6 millions d'années ? Une chute brutale de la température qui a duré 2,5 millions d'années et a donné le Pléistocène, communément appelé l'Âge de glace. Ce documentaire grand format, aux pages qui se déplient, explore géographiquement cette période et présente les créatures gigantesques et les premiers humains qui ont vécu alors. Amérique du Nord, Amérique du Sud, Eurasie, Australie (avec une énorme faute d'orthographe en page de titre), Afrique peuvent rivaliser dans les animaux géants. On croise des oiseaux de 8 mètres d'envergure, des castors de la taille d'un ours, un tigre à dents de sabre pesant 400 kilos, un tatou de 2 tonnes à queue mortelle, un paresseux grand comme un ours polaire, sans oublier évidemment le mammoth et le varan *Megalania prisca*. C'est au milieu de toutes ces bibiches peu commodes que sont apparus les premiers hommes en Afrique, berceau de l'humanité.

À partir de 6 ans.

«Chacune de nos lectures
laisse une graine
qui germe»

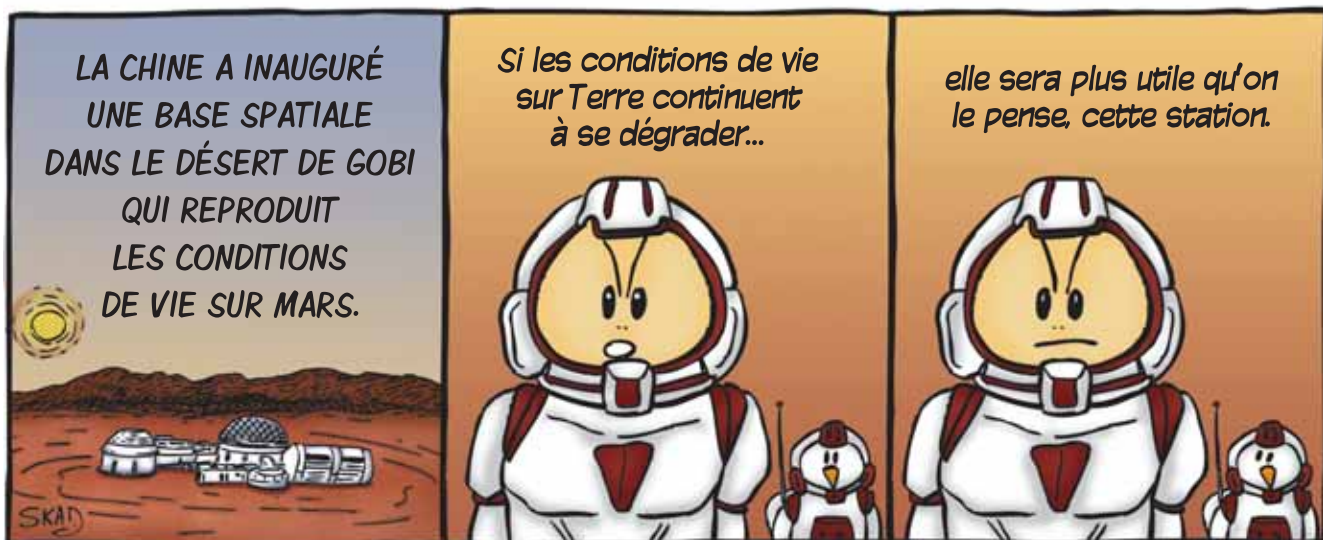
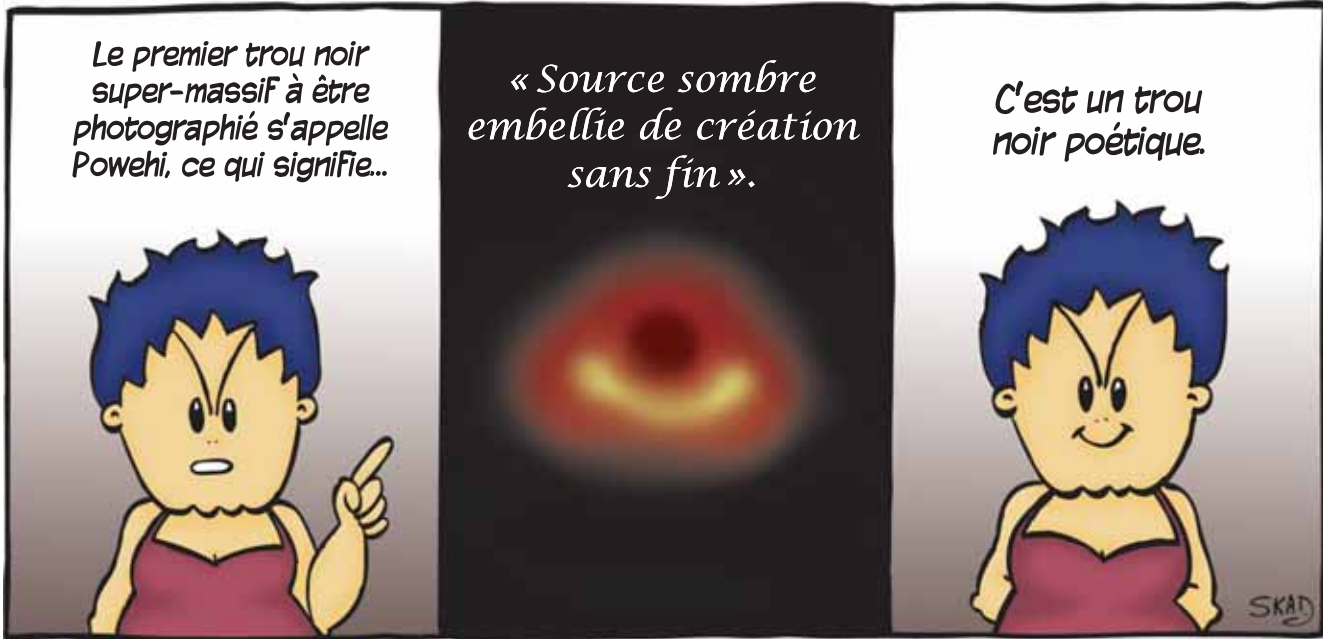
Jules Renard

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 !

LES AVENTURES DE BARJE

©SKAD 2019 - www.barje.be





AGENDA

Le mag scientifique

• JUSQU'AU 6 SEPTEMBRE 2019

Centre de Culture Scientifique de l'ULB (CCS), Charleroi

«AMESURONS-NOUS» - GRANDEURS, UNITÉS & CIE

Mesurez-vous, au propre comme au figuré, à une foule d'expériences qui vous offriront l'opportunité de voyager dans l'univers des grandeurs et unités entre l'infiniment grand et l'infiniment petit. Au travers d'expériences ludiques, le visiteur découvrira ainsi des grandeurs de la vie quotidienne (telles que la pointure du pied ou la taille des soutiens-gorges) ou bien des grandeurs impossibles à mesurer (comme les fractales ou le nombre Pi). Cette édition 2019 de l'exposition met également en avant la révision du Système international d'unités. Elle vous permet dès lors de comprendre pourquoi et comment les 7 grandeurs fondamentales sont désormais définies uniquement à partir de constantes de la physique.

 <https://www2.ulb.ac.be/ccs-nouveau/activites-amesurons-nous.html>

• 05 OCTOBRE 2019

VUB – Salle Mandela

Playful science 13 – Un festival d'expériences

Playful science est un festival d'expériences organisé annuellement par *Science on Stage Belgium*. À vocation nationale, ce festival se déroule en français et en néerlandais ou en anglais.

Il vise à exposer des expériences simples à réaliser afin d'aider les enseignants à les reproduire aisément en classe. Certaines d'entre elles sont placées dans le cadre d'une démarche scientifique.

Playful Science comprend ainsi plusieurs activités: des présentations sur scène de manipulations de physique, de chimie ou de biologie, un quizz - concours d'expériences, une foire aux expériences, un workshop de biologie, de chimie ou de physique et un show final de sciences. Chaque participant recevra un kit avec du matériel expérimental.

 <http://www.sciences.be/events/playful-science-13/>

À LIRE

L'ABCDIAIRE DE LA LUNE
Thierry DELAHAYE - Castor Doc

«Un petit pas pour l'homme, un grand pas pour l'humanité» (Neil Armstrong)

Le 21 juillet 2019, cela fera 50 ans que l'homme a marché sur la Lune pour la 1^{re} fois. Il n'y a dès lors qu'un pas pour mettre en avant les femmes et les hommes qui ont marqué l'histoire et également toutes les notions scientifiques, littéraires, mythologiques et cinématographiques relatives à la Lune.

Par le biais d'une véritable démarche de vulgarisation scientifique, le lecteur de tout âge embarque aisément pour les 71 entrées de cet ouvrage. En effet, chaque notion est exposée en une ou 2 pages en des termes clairs et concis. L'«objectif Lune» est également atteint grâce à un classement simple des notions, un lexique facilement accessible à tout moment et un index présentant en un coup d'œil cet ABCdaire lunaire.

ATHENA 342 Mai-Juin 2019

Tiré à 22 000 exemplaires, *Athena* est un magazine de vulgarisation scientifique édité par le Département de la Recherche et du Développement technologique du Service public de Wallonie Économie, Emploi, Recherche.

Place de la Wallonie 1, Bât. III - 5100 JAMBES
N° Vert du SPW: 1718 •  www.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 97


PAR COURRIEL À L'ADRESSE

luc.wiart@spw.wallonie.be

Distribution en Belgique uniquement.

Rejoignez-nous également sur

 www.athena-magazine.be

 <http://athena.wallonie.be>

 Facebook.com/magazine.athena

RÉDACTRICE EN CHEF

Géraldine TRAN

Ligne directe: 081 33 44 76

geraldine.tran@spw.wallonie.be

GRAPHISTE

Nathalie BODART

Ligne directe: 081 33 44 91

nathalie.bodart@spw.wallonie.be

IMPRESSION

Imprimerie Bietlot

Rue du Rond-Point, 185 à 6060 Gilly

ISSN 0772 - 4683

COLLABORATEURS

Lucie Cauwe, Virginie Chantry, Anne-Catherine De Bast, Jean-Michel Debry, Paul Depovere, Henri Dupuis, Julie Fiard, Philippe Lambert, Yaël Nazé, Théo Pirard, Jean-Claude Quintart, Jacqueline Remits, Nadine Sahabo

DESSINATEURS

Olivier Saive, SKAD, Vince

RESPONSABLE DU DÉPARTEMENT

Rose DÉTAILLE

Inspectrice générale

ÉDITRICE RESPONSABLE

Isabelle QUOILIN

Directrice générale

COUVERTURE

Première

Crédit: © Zoonar/Ing. Schieder

Quatrième

Crédit: © Thales Alenia Space

Toute reproduction totale ou partielle nécessite l'autorisation préalable de la rédactrice en chef.





Visitez nos sites

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

Rejoignez-nous sur

[Facebook.com/magazine.athena](https://www.facebook.com/magazine.athena)