

Technologie p.12

Techno-fun in the snow

Physique p.51

La Terre refroidit...



ÉDITO



De la neige au Sahara ?

TEXTE: GÉRALDINE TRAN - RÉDAC'CHEF - PHOTOS: ©BELGAIMAGE - TITRE, ID PHOTO/VIGNETTE

Si l'on n'avait pas vu les sapins illuminés par les fenêtres, si la nuit ne tombait pas à l'heure du goûter, on pourrait croire que l'hiver a oublié d'arriver. Aucun flocon à l'horizon en dessous de 700 m... Pourtant, on est en plein dedans et il a pour chacun ses propres saveurs. En tous cas, et comme vous pourrez le découvrir dans la rubrique «Technologies», il amène son lot d'innovations et d'ingéniosité. De l'ingéniosité, il en faut, notamment pour amener de la neige où il n'y en a pas. À Pékin par exemple. Vous voyez où je veux en venir ? Et oui, aux JO qui se tiennent en Chine au moment où j'écris ces lignes. Car les JO, ce sont bien plus qu'une compétition sportive. C'est un événement politique, social et surtout, économique. Toutes raisons qui font que des JO d'hiver peuvent contre toute logique s'organiser dans un pays où il n'y a pas de neige... C'est d'ailleurs une première dans l'histoire des JO d'hiver. Qu'à cela ne tienne, les Chinois ont créé des pistes de neige 100% artificielle pour les épreuves outdoor qui se déroulent à Zangjiakou et Yanking. Comment ? Rien de plus simple: grâce à des canons à neige... oui mais faut-il encore qu'il y ait de l'eau et de l'électricité en suffisance ! Or, ce sont 2 éléments rares dans cette région aride, qui ne compte que sur 300 m³ d'eau par an et par habitant, soit moins du tiers de l'approvisionnement recommandé par l'ONU. Il a donc fallu l'acheminer... nous parlons de l'équivalent

d'environ 800 piscines olympiques tout de même. Puis, pour faire fonctionner ces canons, il faut d'énormes générateurs électriques. Avant cela, il a fallu «préparer le terrain», c'est-à-dire abattre des milliers d'arbres sur plus de 1 000 ha, construire des routes, des hôtels, des infrastructures sportives... Et bien que le CIO ait déclaré que ces jeux seraient les plus «verts» de l'histoire (rapport de durabilité de 130 pages à l'appui), le coût écologique ne peut être que colossal. Quel est l'impact environnemental de ces jeux sur cette région, qui a déjà bien des difficultés à «nourrir» ses habitants ? Quelles conséquences sur la biodiversité, la géologie ? À l'heure de l'urgence climatique, quand il n'y aura bientôt plus de villes naturellement et suffisamment enneigées pour accueillir cet événement planétaire qui coûte et rapporte des milliards en même temps, que faire ? Accepter l'idée que la neige artificielle est LA solution en dépit des dommages collatéraux ? Cela augmenterait considérablement le nombre de candidatures, c'est certain. Supprimer la version hiver car d'hiver il n'y a plus ? Je ne parle même pas des aspects éthiques et politiques dans le choix des pays, c'est un autre débat. Ces JO de Pékin 2022 auront au moins eu le mérite de soulever des questions, auxquelles le CIO et les instances mondiales devront répondre, peut-être plus tôt qu'on ne le croit... **A**



SOMMAIRE

Le mag scientifique

355
Janvier-Février 2022



- 4 **Actualités** • Le monde de la recherche, des nouvelles technologies et des entreprises à la loupe
- 10 **Wall'Innove Tour** • AGROSTAR
- 12 **Technologie** • Techno-fun in the snow
- 16 **L'ADN de...** • Fany BROTCORNE, Primatologue
- 18 **Société** • Réseaux sociaux : un miroir de la société à préserver
- 22 **Dossier** • La sexualité des ados
- 28 **Barje** • On est tous Barje, même *Athena* !
- 29 **CurioKids** • Alerte: océans en danger
- 33 **Mathématiques** • Un surbooking... calculé !
- 35 **Santé** • Trêve de plaisanterie
- 39 **Qui est-ce ?** • Stella BARÜK
- 41 **Internet** • Le Web en 2022: ce sera quoi ?
- 45 **Chimie** • Conformérie et mésomérie
- 47 **Biologie** • Plongez au cœur des cellules et de la vie
- 51 **Physique** • La Terre refroidit...
- 53 **Espace** • Quoi de neuf dans l'espace ?
- 54 **Astronomie** • Petite balade tête dans les étoiles
- 56 **Espace** • Les Américains à la (re)conquête de la Lune
- 59 **Agenda** • À voir, à tester, à cliquer, à lire...

ACTUS



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

PHOTOS : @JENKOATAMAN - STOCK.ADOBE.COM (P.4), DESIGNED BY FREEPIK (P.4), ©TELSA - STOCK.ADOBE.COM (P.5), ©TAA22 - STOCK.ADOBE.COM (P.6), ©UCLouvain (P.6), ©BANNAFARSAI - STOCK.ADOBE.COM (P.7), ©ALPHASPIRIT - STOCK.ADOBE.COM (P.8), ©JAMES THEW - STOCK.ADOBE.COM (P.9), ©BITS AND SPLITS - STOCK.ADOBE.COM (P.9)

Heureux qui comme...

Ulysse, si vous vous souvenez ! Ceci pour dire que nous sommes de drôles de clients, nous les Belges. Alors que nous n'avons cessé de râler, nous sommes, après nos voisins néerlandais, les plus satisfaits de notre travail. Et ce n'est pas nous qui l'affirmons, mais le spécialiste du recrutement *Roberts Walters* qui, à l'issue d'une grande enquête internationale dans 31 pays et plus de 5 000 salariés sondés, clame que la Belgique est le deuxième meilleur pays pour travailler. Un sondage qui chamboule bien des idées reçues. Ainsi d'après *Robert Walters*, le Japon est bon dernier, avec la plupart des pays asiatiques et du Moyen-Orient. En Europe, l'Espagne est 27^e, la Suisse 19^e, le Royaume-Uni 18^e, l'Allemagne 17^e et la France 16^e. Le Top 5 des satisfaits: les Pays-Bas, la Belgique, l'Irlande, la Thaïlande et les Philippines.

Özlem Simsek, directrice générale de *Roberts Walters Belgique*, explique: «*Outre le salaire, les Belges sont également satisfaits de leurs avantages sociaux et de l'équilibre entre vie professionnelle et vie privée*». Seul bémol, nous sommes moins contents du nombre annuel de jours de congés. Et Özlem Simsek de poursuivre: «*Un bon salaire et de bons avantages sont importants, mais ces dernières années, les employeurs belges ont également accordé de plus en plus d'attention au bonheur et à la santé mentale. Et, cette tendance a été renforcée encore par la pandémie*». Bref, le message «Des employés heureux restent en service plus longtemps et sont plus productifs» semble être bien passé !

L'étude montre aussi que le travail hybride semble contribuer au bonheur du salarié. Ainsi, seulement 8% des sondés préfèrent aller

5 jours par semaine au bureau pendant que les 92% restants souhaiteraient prêter au moins un jour par semaine à domicile. Özlem Simsek de pointer ici le fait que «*via le modèle hybride, une grande partie des salariés connaît un meilleur équilibre entre vie professionnelle et vie privée et que cette flexibilité dans le travail est grandement appréciée par des personnes qui aiment ne pas avoir à subir les embouteillages tous les jours*». Enfin, d'après ce sondage, si 63% des salariés irlandais et 55% des néerlandais entendent rester fidèles à leur employeur, chez nous, seulement 45% des salariés ont l'intention de réaliser toute leur carrière dans la même organisation. 

 <http://www.robertwalters.be>



Beauté responsable

Le secteur des cosmétiques entend lui aussi défendre la planète. Un objectif auquel s'est associé Solvay en développant 2 nouveaux ingrédients biodégradables destinés aux soins de beauté. «Les consommateurs sont de plus en plus conscients de l'impact de leurs achats sur l'environnement. Aussi, cherchent-ils des produits de beauté à base d'ingrédients biodégradables ayant un impact positif sur leurs cheveux, leur peau et la planète», explique Stéphanie Neplaz, responsable mondiale marketing et innovation pour les soins capillaires chez Solvay. Ce qui fait les affaires du chimiste belge, leader mondial des polymères d'origine naturelle pour les formulations de soins de beauté, avec sa gamme Jaguar®, des produits issus du guar, désormais complétée par Jaguar® C500STD et Jaguar® HP-8cos SGI.

Produites par le *cyamopsis tetragonoloba*, une espèce de haricot, les fèves de guar entrant dans la création de ces polymères proviennent d'Inde, où s'approvisionne Solvay dans le cadre d'un programme de développement mettant en œuvre les bonnes pratiques agricoles pour améliorer la qualité du guar et sécuriser l'approvisionnement, tout en préservant les ressources en eau utiles à sa culture. «Nous investissons constamment dans l'innovation, la technologie et le développement de notre gamme Jaguar®», précise Jean-Guy Le Helloco, vice-président mondial en charge des soins personnels et domestiques chez Solvay. Une niche sur laquelle le chimiste a d'autres innovations en catalogue, notamment des polymères biodégradables de nouvelles générations. Par de tels développements et investissements, Solvay montre qu'offrir toujours le meilleur aux clients est bien pour lui une réalité et non un vœu pieux. Cet engagement est également au cœur de *Beauty for the Planet*, nouvelle initiative de Solvay pour accélérer l'adoption d'idées responsables déclinées au quotidien en actions concrètes, grâce à l'innovation et aux partenariats avec ses clients. A



 <http://www.solvay.com>

Première mondiale

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

Ion Beam Applications (IBA) a choisi le congrès annuel de l'American Society for Radiation Oncology (ASTRO) pour dévoiler Campus, sa nouvelle plateforme de protonthérapie, la première en ligne au monde. Cet outil facilite le partage de ressources en protonthérapie pour assister cliniciens et chercheurs du domaine à acquérir ou à améliorer leurs savoirs dans l'intérêt des patients. La solution Campus comprend aussi des forums en ligne et donne accès à un réseau d'experts d'IBA aux compétences aiguisées par le traitement de plus de 100 000 patients.

«Campus sera un outil inestimable pour ceux qui travaillent dans le domaine de la protonthérapie et en particulier ceux qui débutent leur carrière dans ce domaine dynamique», déclare avec enthousiasme le professeur James Metz, Chaire du département de radiations oncologiques de l'Université de Pennsylvanie. Précisant que «L'accès à du matériel éducatif, à des événements ciblés et au

soutien du réseau d'IBA de centres expérimentés sera essentiel pour permettre aux utilisateurs d'apprendre et de contribuer à l'avancement de cette importante technologie qu'est la protonthérapie». A



Présence planétaire

La réputation de l'UCLouvain en matière de télécommunications n'est plus à faire. Surfant de succès en découvertes, Bruno Clerckx, docteur de l'École polytechnique de l'UCLouvain et professeur à l'Imperial College London, s'est vu décerner la prestigieuse médaille Blondel pour ses contributions aux systèmes de communications multi-antennes et aux systèmes de transmission d'énergie sans fil. De grands mots pour, in fine, des applications très pratiques pour nous tous. Ainsi, c'est à Bruno Clerckx que nous devons la célérité du téléchargement des vidéos et messages sur nos smartphones. Comment a-t-il réussi ce tour de force ? Tout simplement, si l'on peut dire, en améliorant la synchronisation de la masse de données utiles au téléchargement grâce à un algorithme qu'il a conçu afin de synchroniser ces antennes et pouvoir augmenter ainsi le débit des données pour que tout le monde puisse accéder au plus vite aux données souhaitées.



Non content de ce succès, Bruno Clerckx a gardé son travail sur le métier, espérant parvenir à transmettre de l'énergie sans fil, soit charger des appareils connectés à faible consommation à distance. Pour ce faire, il a pensé détourner sa solution de la meilleure transmission de données pour l'appliquer à la maximisation de la transmission d'énergie sans fil. Et de citer ici en exemple la maison intelligente, où des senseurs régulent la température via l'énergie sans fil et se rechargent à distance, sans câble ou batterie. Franchissant le Rubicon, Bruno Clerckx est devenu le pionnier de la transmission conjointe d'informations et d'énergie sans fil. On peut indéniablement dire que ses 2 découvertes ont révolutionné les systèmes de communication sans fil et la première, relative à la meilleure transmission des données, est de surcroît utilisée dans les smartphones du monde entier. D'où une médaille Blondel largement méritée. Pour rappel, celle-ci récompense des recherches dans les domaines de la science et de l'industrie ayant un impact majeur sur la société. «*Je ne m'y attendais pas*», déclare Bruno Clerckx, étonné de recevoir en même temps l'IEEE Fellow, distinction décernée aux ingénieurs en électronique ayant réalisé des découvertes extraordinaires. 

 <https://www.uclouvain.be> et <https://www.imperial.ac.uk>

Éclairage wallon à Dubaï

 <https://masdar.ae>
<https://noorenergy.ae>
<https://johncockerill.com>

Noor Energy a profité de l'expo Dubaï 2021 pour y présenter son complexe énergétique MBR Solar Park, auquel a participé le wallon John Cockerill en tant que fournisseur majeur. Construit en plein désert, ce parc de quelque 77 km² compte plus de 70 000 héliostats, des espèces de miroirs qui s'orientent par rapport au soleil pour renvoyer et concentrer les rayons solaires sur un point unique, sis au sommet d'une tour de 260 m de haut. La lumière ainsi concentrée sert ensuite de source de chaleur pour alimenter une centrale électrique à vapeur classique. La capacité de ce parc est de 2 863 MW, soit l'équivalent de 3 centrales nucléaires de 900 MW. L'installation alimentera 320 000 foyers et permettra d'économiser annuellement quelque 6,5 millions de tonnes de CO₂ !

John Cockerill a conçu, développé, fabriqué et installé au sommet de la tour le fameux récepteur thermo-solaire, un échangeur de chaleur ultra-moderne. Véritable cœur de la centrale thermo-solaire à concentration, ce dernier est capable d'absorber l'énergie solaire des miroirs dans des sels fondus, portés à plus de 500 °C. Par cette technologie, dont John Cockerill est le leader mondial, on arrive ainsi à stocker l'énergie de manière très compétitive et à grande échelle. Accumulés ensuite au pied de la tour dans de grands réservoirs, ces sels conservent leur haute température durant une quinzaine d'heures, permettant à la centrale de fonctionner 24h/24, de jour comme de nuit et pour une fraction du coût de batteries lithium-ion. «*Nous sommes très fiers de cette centrale thermo-solaire à concentration qui montre tout notre savoir-faire et notre leadership en ce domaine*», déclare Jean-Luc Maurange, Administrateur délégué. Outre cette réalisation, la société wallonne a également équipé les centrales *Khi Solar One* en Afrique du Sud; *Haixi* en Chine et *Cerro Dominador* au Chili. Un 5^e projet est en cours de réalisation en Afrique du Sud; d'autres chantiers devraient suivre. 



Nouvelles filières

Afin de cerner au mieux les évolutions futures et rester un acteur majeur par-delà les ruptures technologiques, le pôle aérospatial wallon *Skywin* a redéfini ses axes et ajouté à ses filières initiales (l'aéronautique et le spatial) 2 nouvelles filières: les drones et la défense. L'occasion de revoir les missions de ce pôle actif dans une industrie où la Wallonie fut hier pionnière avec *Fairey* et est toujours à la pointe de l'Art aujourd'hui avec *Sonaca*.

Premier axe fort: *Structures, Propulsion et Sous-systèmes volants* concerne toutes les activités en lien avec les éléments de structure et leur intégration sur avions, drones, lanceurs, satellites et systèmes de propulsion. Une niche basique qui entend aller de l'avant avec les énergies de demain, les carburants de synthèse, l'hybridation, l'électrification, etc. *Matériaux et Procédés innovants* recouvrent les matériaux métalliques, composites et intelligents dans leurs modes de fabrication et procédés spéciaux associés; les traitements de surface, les composants et leur assemblage. Un domaine en effervescence par les problèmes de transition environnementale et d'économie circulaire. De son côté, *Systèmes embarqués et Communicants* entend relever les défis de l'autonomie portée par l'intelligence artificielle embarquée; l'électrification et notamment la montée en puissance de la tension; la connectivité sur terre, mer, air et espace et enfin, la cybersécurité via des plateformes sécurisées et intègres. *Économie des données, Intelligence artificielle* s'attache aux méthodes et outils dédiés au traitement de l'information. Cet axe, qui supporte le développement de l'industrie du futur 4.0, est aussi fournisseur des autres filières auxquelles il



propose des solutions en conception, simulation, production, etc. Dernier axe et comme son nom le laisse supposer, *Simulation, Modélisation et moyens d'essais* se concentre sur le développement d'algorithmes et de logiciels de conception; le développement et l'exploitation de méthodes de simulation numérique et les tests aux sols et les simulations physiques. Un Pôle bien armé qui compte actuellement 158 membres totalisant 7 888 salariés. **A**

 <http://www.skywin.be>



COUP D'CRAYON

VINCE · WWW.VINCE-CARTOON.BE

C'est indéniable, l'intelligence artificielle bouleversera le monde de demain. Si cela peut faire peur ou soulever des questions éthiques, on peut par contre, pour certains aspects, s'en réjouir. Comme par exemple pour la mise au point d'une technique de prédiction des crises cardiaques, avec une précision de 70 à 80% tout de même, par des chercheurs de la KULeuven. Ils ont en effet développé une intelligence artificielle qui permet d'identifier les liens entre les anomalies rétinienne et cardiaques, notamment en pouvant estimer la taille du ventricule gauche qui, lorsqu'il est hypertrophié, engendre un risque élevé de crise cardiaque... C'est sans conteste une petite révolution dans le domaine médical.

Progrès décisifs pour la santé à l'ULB

Aujourd'hui, 750 000 personnes décèdent annuellement d'une infection résistante aux antibiotiques et si rien de nouveau n'arrive dans les pharmacies, on estime à plus de 10 millions le nombre de malades qui, vers la moitié de ce siècle, mourront chaque année d'infections résistantes. Un défi sociétal auquel les professeurs Abel Garcia-Pinto et Cédric Govaert de l'Université libre de Bruxelles (ULB) s'attaquent en créant, avec leur jeune société *Santero Therapeutics*, une nouvelle génération d'antibiotiques, car la dernière date d'il y a 40 ans. L'initiative a d'emblée suscité le soutien de la Wallonie et d'investisseurs privés. Un enthousiasme basé sur des éléments gages de succès. «*Alors que nous cherchions à comprendre certains mécanismes fondamentaux du métabolisme bactérien, Abel a mis en lumière une enzyme clé dans la survie de bactéries*», raconte Cédric Govaert.

En bloquant ce talon d'Achille, on pourra arrêter l'infection, estiment les 2 chercheurs. Une nouvelle qui change la donne ! «*Alors que les antibiotiques d'hier étaient isolés un peu par hasard, en nous inspirant des antibiotiques naturels, nous proposons une approche complètement innovante qui, nous l'espérons, évitera ou limitera l'apparition des résistances*», explique Abel Garcia-Pino. Et Cédric Govaert de conclure que «*cette découverte permet de cibler des enzymes essentiels au développement et à la survie des bactéries. Le rôle universel de ces enzymes dans toutes les familles de bactéries indique que notre approche pourrait s'appliquer virtuellement à tout type d'infection, ouvrant ainsi des pistes thérapeutiques pour une multitude d'indications cliniques*».

cedric.govaerts@santero.be
abel.garcia.pino@santero.be

Sur un autre registre, en utilisant une combinaison de modèles génétiques pour évaluer le rôle de la protéine NR2F2 dans le cancer de la peau chez la souris et l'homme, des chercheurs de l'ULB, emmenés par le professeur Cédric Blanpain, ont découvert que celle-ci est exprimée dans les cancers malins et que son inactivation bloque la progression des tumeurs bénignes vers les tumeurs malignes. Un pas de plus dans la lutte contre le cancer et comme précise Cédric Blanpain: «*le plus remarquable ici est de démontrer que l'inactivation de NR2F2 favorise la différenciation tumorale, conduisant à une régression tumorale*». Aussi, le développement d'inhibiteurs de NR2F2 devrait contrôler de nombreuses fonctions cancéreuses essentielles, constituant ainsi une stratégie très prometteuse pour de nouvelles thérapies. Ce à quoi s'attachera *ChromaCure*, société fondée par Cédric Blanpain et qui, en collaboration avec l'ULB et des investisseurs privés, développera des médicaments ciblant NR2F2. Ce travail, soutenu notamment par la Wallonie (SPW Recherche), a fait l'objet d'une publication dans *Nature Cancer*: DOI number 10.1038/s43018-021-00287-5.

<https://blanpainlab.ulb.ac.be>

Si nous voulons progresser dans la lutte contre certaines maladies telles que le cancer, nous devons connaître les tâches de chaque protéine de la cellule. Deux méthodes coexistaient jusqu'à ce jour: la localisation intercellulaire pour déterminer la zone où se trouve une protéine; et l'interactomique pour étudier les interactions d'une protéine avec les autres. Ici encore, nous devons à l'ULB une jolie avancée car en combinant ces 2 approches, le Service de Biologie Moléculaire de l'ARN de la Faculté des Sciences a participé à la découverte d'une 3^e couche: la détection de nouvelles communautés protéiques et la prédiction de leurs fonctions. «*En cherchant à établir systématiquement les différents niveaux d'organisation de la cellule et leurs modes d'interactions, nous avons pu montrer que certaines protéines étaient proches ou non et donc de prédire et de vérifier leurs fonctions au sein de la cellule*», note Denis Lafontaine, du Service de Biologie Moléculaire de l'ARN. Cette étude a aussi permis d'identifier de nouvelles communautés protéiques impliquées dans la fabrication des ribosomes, nano-machines indispensables à la survie des cellules. Rappelons que des ribosomes produits en excès provoquent des cancers et qu'en trop faibles quantités, ils engendrent des ribosomopathies, des maladies touchant principalement le sang et le cerveau. **A**

<http://www.LafontaineLab.com>



Surfer sur la vague corona

A ce jour, la Belgique a exporté près d'un milliard de doses de vaccins contre la Covid-19. Ce succès résulte d'investissements constants, depuis des décennies, en infrastructures de production et outils de Recherche et Développement. Aujourd'hui, avec une valeur totale de 56 milliards d'euros, la Belgique se classe en 3^e position des exportations biopharmaceutiques. Actuellement, ce secteur compte chez nous plus de 40 000 salariés. Cette bonne santé du pharma, dans toutes les régions du pays, a poussé notre Premier Ministre, Alexander De Croo, à capitaliser sur nos résultats dans la lutte contre la Covid-19 pour renforcer encore notre position en R&D et production dans le champ biopharma. L'idée du Premier est de perpétuer cette véritable success story. Un mouvement concrétisé par la signature d'une charte d'engagement entre les universitaires, les industriels de la santé et des biotechs.

Pour Alexander De Croo, «*La crise du coronavirus a été une véritable prise de conscience: la santé est au cœur de la vie de chaque individu. La Belgique a depuis des années massivement investi dans ses talents, dans la Recherche & Développement et grâce à de nombreux partenaires, dans*



des outils de production capables d'apporter des réponses tangibles aux maladies et pandémies du 21^e siècle». Aussi, poursuit-il, «Nous devons en être fiers et ne surtout pas nous arrêter aujourd'hui. Dans un environnement international modifié, plus compétitif, nous devons renforcer notre écosystème et nous doter d'une vision stratégique à long terme pour être certains que la Belgique s'impose comme la Health & Biotech Valley du futur au cœur d'une Europe connectée». Et Jean-Christophe Tellier, PDG d'UGB, de rajouter: «Si nous réussissons, nous pouvons devenir le Boston de l'Europe». De son côté, Caroline Ven, CEO de pharma.be, confirme que «pharma.be relèvera le défi de faire de la Belgique la pharma valley internationale et le leader des traitements de pointe». Bref, notre santé est en bonne santé !

<https://premier.be>

LE CHIFFRE

1 sur 3

Selon une grande enquête européenne conduite dans 17 pays et présentée par l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS), 1 Belge sur 3 comprend mal les informations concernant sa santé ! Incroyable, mais hélas vrai. Plus en détails, l'analyse montre qu'une large majorité des Belges, soit 35%, avoue éprouver des difficultés dans la compréhension et les jugements d'informations concernant leur santé. Pire encore, les interrogés déclarent rencontrer des difficultés dans la lecture des informations prodiguées par les médias quant aux explications sur les moyens de protection contre les maladies. Seul point positif, les sondés semblent appréhender assez bien les explications des soignants et trouver aisément les articles relatifs à la vie saine.

Pour Stephan Van Den Broucke, vice-doyen de la faculté de psychologie et des sciences de l'éducation à l'UCLouvain, qui a coordonné le volet belge de l'enquête: «*En matière de santé, il n'y a pas un manque d'information, au contraire, il y en a trop. Aussi, le véritable défi n'est pas de trouver l'information mais de bien tracer son chemin dans une montagne de données, parfois fausses, parfois floues et de parvenir à faire le tri». Et de déplorer «Qu'aujourd'hui, les informations ne viennent plus uniquement des professionnels de santé mais également des médias, des réseaux sociaux, des gouvernements, des lobbies, etc.»*

<https://www.uclouvain.be>
<https://www.who.int>





WALL'INNOVE TOUR: arrêt sur AGROSTAR

TEXTE : JACQUELINE REMITS - JACQUELINE.REMITS@SKYNET.BE
PHOTOS : JANNOOND28/FREEPIK + PHOTOMONTAGE (P.10), ©AGROSTAR (P.11)



AGROSTAR

CARTE D'IDENTITÉ

CRÉATION: 1988

SIÈGE SOCIAL:
Avenue A. Einstein, 11C
1348 Louvain-la-Neuve

**SECTEUR
D'ACTIVITÉS:**
Production de micro-
organismes pour
l'agriculture et
le traitement des eaux

**MEMBRES
DE L'ÉQUIPE:**
3

CONTACT:
010 48 28 84
info@agrostar.be
www.agrostar.be

Il était une fois...

Une entreprise familiale, *Agrostar SA*, créée en janvier 1988 par 3 personnes, dont le père de l'actuel dirigeant, Dominique Beaudry. En 2009, après son décès, son fils reprend la société active dans le domaine des biotechnologies environnementales: «*Nous sommes l'un des rares producteurs européens de micro-organismes à usage environnemental, utilisables dans l'agriculture, biologique ou conventionnelle, ainsi que dans le traitement des eaux usées*, détaille Dominique Beaudry. *Notre entreprise est toujours restée à taille humaine. Les micro-organismes que nous produisons permettent une meilleure nutrition des plantes et, dans certains cas, empêchent le développement de certaines maladies.*» Grâce à la production de bactéries en vue de l'optimisation des sols, la société est devenue un acteur-clé de l'agriculture durable. «*Nous développons des solutions sur mesure qui s'adaptent aux problématiques spécifiques de nos clients.*» L'entreprise est ainsi le trait d'union entre le laboratoire et les champs. «*Si notre objectif reste le développement*

de solutions pour nos clients, le grand souci d'une PME comme la nôtre est de devoir investir en permanence dans des projets de recherche, souvent très coûteux et sans avoir aucune garantie qu'ils vont aboutir à quelque chose de commercialisable.» Si bien qu'à un moment, l'accumulation de projets de recherche non commercialisables a mené l'entreprise dans une situation délicate. «*J'ai passé les premières années à la tête de l'entreprise à la redresser, se souvient le CEO. Aujourd'hui, la situation est complètement assainie.*» Depuis 2012, les micro-organismes produits par *Agrostar* sont certifiés «*utilisables en agriculture biologique.*» «*Une autre partie de mon travail a été d'aboutir à l'obtention d'une homologation en France, reconnaissant notre bactérie comme "matière fertilisante et support de culture"*» C'est le cas depuis 2013. Depuis lors, différents projets du même type sont en cours.

Comme beaucoup d'autres entreprises, *Agrostar* a connu un gros moment d'inquiétude en 2020. «*Nous avons perdu cette année-là 45% de notre chiffre d'affaires. Heureusement, 2021 a été une année exceptionnelle.*» Les clients les plus importants sont les producteurs d'engrais. «*Ils utilisent nos micro-organismes dans leurs engrais minéraux ou organiques. Les premiers sont chimiques et directement assimilés par les plantes. Alors que les seconds doivent d'abord être transformés pour que ces débris organiques soient minéralisés et accessibles aux plantes. Dans ce cas, l'ajout de bactéries va accélérer cette minéralisation et donc permettre une mobilisation plus rapide de la matière nutritive pour les plantes grâce à*

la transformation plus rapide de l'organique en minéral. Nous n'apportons rien au sol qui ne puisse être naturellement présent. Les engrais organiques ont pour effet de booster la croissance racinaire».

...l'envie d'innover

Dominique Beaudry aime à le répéter: «Nous n'inventons rien, nous ne faisons que copier la nature.» Dans un sol normal, il y a de la vie. «Les bactéries que nous produisons sont déjà présentes dans la plupart des sols. Dans une pelletée de terre de jardin, il y a déjà des milliers de bactéries différentes. Qui vont minéraliser les matières organiques présentes dans le sol (feuilles mortes, cadavres d'insectes ou d'autres animaux) et les rendre consommables par les plantes.» Certaines peuvent présenter, dans différents cas, un réel intérêt économique. «Notre métier consiste à les isoler, à essayer de les comprendre. Et puis, surtout à industrialiser leur reproduction pour pouvoir les réintroduire en masse afin d'avoir cet impact agronomique à grande échelle.» Car si les bactéries peuvent être utilisées comme adjuvant des fertilisants, elles peuvent également agir, dans certains cas, comme moyen de lutte biologique contre certaines maladies. Ce qui permet, en utilisant des micro-organismes plutôt que des produits chimiques, d'avoir une agriculture beaucoup plus propre et dont les risques sanitaires sont moins élevés, tant pour l'utilisateur que pour le consommateur.

Enfin, ces bactéries sont utiles à l'entretien et au débouchage des canalisations d'eaux usées, qui représentent une problématique dans les collectivités et les industries, alimentaires particulièrement, comme au niveau domestique. «Pour y remédier, nous avons développé des solutions qui allient l'action biologique de ses composants à leur biodégradabilité sans ajouts de produits corrosifs. C'est le même principe que pour les engrais: viser la minéralisation des matières organiques. Les désinfectants chimiques tuent les microbes, les micro-organismes. La qualité de la lie dans les fosses va se réduire. Il faut donc réensemencer de manière régulière en bactéries pour pouvoir leur assurer un fonctionnement optimal. Nous ajoutons à nos micro-organismes des enzymes qui vont prémâcher leur travail. En présence d'odeurs de fosses septiques, l'ajout de complexes enzymo-bactériens apporte un effet immédiat grâce aux enzymes.»

Agrostar travaille pour l'agriculture mais aussi l'horticulture et la culture maraîchère. «Nous nous appuyons sur notre département de recherche appliquée afin de développer des formulations spécifiques à chaque type de sol et d'environnement. À partir des souches et des bactéries que



nous produisons, des starters biologiques sont mis en place avec pour mission principale, la fertilisation des sols et des cultures. Efficaces, souples et alliés à notre flexibilité, ils nous permettent de développer des solutions sur mesure pour des projets spécifiques.» L'entreprise peut également trouver de nouvelles applications à des produits existants. «Cela peut aller dans 2 sens. On peut recevoir une demande du marché. On peut aussi innover à partir d'une souche dont on a découvert qu'elle produisait telle enzyme et qui pourrait donner des applications. On la développe, mais cela peut prendre plusieurs années avant d'arriver sur le marché. À nous de trouver quels marchés, essentiellement à l'export dans l'Union européenne.» ⁴



QUI EST DOMINIQUE BEAUDRY, DIRECTEUR GÉNÉRAL ?

Né en 1977 à Bruxelles, Dominique Beaudry a 11 ans quand Agrostar est créée. Après un graduat en marketing, et ne trouvant pas d'emploi dans l'immédiat, son père lui propose de venir l'aider à traiter une grosse commande. «Au départ, je devais faire de la maintenance. J'étais juste ouvrier temporaire, mon père ne comptait pas m'engager. Au bout de ce contrat à durée déterminée de production, d'autres commandes étaient arrivées entre-temps et l'associé de mon père lui a alors conseillé, étant donné ma formation en marketing, de m'engager. J'étais chargé essentiellement des tâches logistiques. Quand je suis entré dans l'entreprise en 2002, l'informatique se limitait à 2 ordinateurs. Je me suis formé à cette technologie pour pouvoir moderniser l'informatique de l'entreprise. J'ai créé un système de gestion des commandes en interne. J'y étais depuis 7 ans quand mon père est décédé. Et j'ai décidé de reprendre l'entreprise.»



Techno-fun in the snow

Ça y est ! La neige est là ! Enfin, elle devrait l'être en tout cas... Et avec elle, le retour des sports d'hiver pour la plus grande joie de certains (et le désespoir des frileux fans des tropiques): ski alpin ou de fond, randonnée en raquettes, snowkite, snowboard, etc. Sans oublier les sports qui se pratiquent sur la glace: patinage artistique ou de vitesse, hockey, bobsleigh, curling... Pour d'autres, l'hiver rime plutôt avec balades en forêt, bonhommes de neige ou soirées au coin du feu. Et comme dans tous les domaines, la technologie n'est pas en reste. Enfilons doudoune et moufles et sortons dans le blizzard à la recherche de quelques trouvailles technologiques enneigées

TEXTE : VIRGINIE CHANTRY - VIRGINIE.CHANTRY@GMAIL.COM

PHOTOS : ©ARTEM - STOCK.ADOBE.COM (P.12), SMARTER (P.13), SNOW CITY SINGAPORE (P.14), GRYB (P.14), ©EVVO (P.15), ©MOJO VISION (P.15)

Qui dit neige dit forcément températures avoisinant zéro degré. L'objectif premier de certains est alors de bien se couvrir afin d'éviter d'être transis de froid et d'attraper une grippe qui vous cloue au lit pour une bonne semaine. On peut du coup se diriger vers la technologie et les vêtements chauffants. Prenons l'exemple du gilet conçu par *G-Heat*: réalisé en microfibre polaire, il est doté de 5 zones de chauffage, 2 au niveau du ventre et 3 au niveau des lombaires et du dos. La batterie intégrée est dotée d'un chargeur USB offrant une autonomie de 8h à 35 °C, de 4h45 à 40 °C et de 3h30 à 45 °C et un bouton rétroéclairé permet de choisir entre ces 3 options. Avec la batterie, ce gilet pèse 750 g et il est évidemment interdit de le mettre dans la machine à laver ou au séchoir. À porter seul ou en-dessous d'un manteau. Chaleur diffuse et douce garantie. Et vous pouvez compléter votre panoplie anti-froid avec les moufles ou gants chauffants ou même avec les chaussettes chauffantes munies d'une télécommande permettant de choisir entre 3 températures. Fini les orteils gelés en revenant d'une balade dans la neige ou d'une journée de ski de fond à la Baraque Michel.

Nuits froides et boissons chaudes

Après une journée à gambader dans la neige, rien de tel en rentrant chez soi que de se retrouver bien au chaud avec une bonne tasse de café ou de thé fumant. Pas envie d'attendre que l'eau chauffe ? Pour les impatientes, il existe des cafetières

connectées via le Wifi qui, grâce à une application smartphone ou tablette et la géolocalisation, assure que le café sera prêt quand vous rentrerez chez vous: la cafetière se met en route automatiquement quand vous entrez dans un certain périmètre autour de votre domicile. D'autres sont connectées via la technologie *Bluetooth*. Selon les modèles, elles peuvent être alimentées par du café en grain ou moulu, mais aussi par des dosettes ou capsules de certaines marques bien connues, répondre aux commandes vocales et/ou être compatibles avec certains assistants vocaux comme *Alexa (Amazon)*, proposer toutes sortes de boissons différentes allant de l'expresso au latte macchiato, en passant par des recettes personnalisées, ou encore mémoriser votre boisson préférée. D'autres encore sont dotées d'une carafe à lait avec nettoyage automatique. Sympa, non ? Et si le café n'est pas votre tasse de thé, aucun problème: il existe également des bouilloires connectées. Certaines font office de théières car elles sont dotées d'un filtre dans lequel est disposé le mélange de feuilles séchées et qui plonge dans l'eau automatiquement quand cette dernière est à la température adéquate en fonction du type de thé ou d'infusion choisi.

Détente autour du feu

Pour déguster votre café ou votre thé fumant, rien de tel qu'une belle cheminée et un bon feu. Cependant, cela demande notamment l'installation d'un conduit d'évacuation des fumées et un espace de stockage pour le bois, ce qui n'est pas envisageable dans toutes les habitations ou qui rebute parfois, à cause de l'aspect polluant. Heureusement, il existe des solutions alternatives, même si certaines sont assez onéreuses. Il est par exemple possible d'installer un âtre doté de LED colorées imitant un feu et d'un système de chauffage électrique. Certains modèles sont encastrables, d'autres, d'une dizaine de centimètres d'épaisseur à peine, peuvent être simplement fixés au mur. Il en existe aussi des versions à poser contre le mur, dotées de bûches en céramique pour un effet le plus réaliste possible et qui imitent une cheminée, ou encore à placer dans un coin comme un poêle à bois, incluant même un espace de rangement, purement décoratif, pour y disposer quelques rondins. Souvent équipés d'un thermostat, d'une fonction de programmation et d'une télécommande, certains modèles possèdent également une fonction de détection de fenêtre ouverte, via une chute de température, qui arrête alors le système de chauffe. Certes, ces options n'ont pas tout à fait le même effet qu'un vrai feu de cheminée mais l'ambiance n'en est pas moins rendue plus chaleureuse, crépitements en moins. Autre possibilité, les plateformes de streaming. Hé oui ! J'entends déjà les puristes crier



au loup. Mais pour ceux qui habitent en appartement ou dont la maison est déjà bien remplie, une Smart TV peut faire office de cheminée. Prenons l'exemple de *Netflix*, pour ne pas le citer, qui propose plusieurs feux de cheminée: quelques bûches se consomment peu à peu dans un âtre sur l'écran procurant chaleur visuelle et auditive grâce à de jolies flammes et de joyeux crépitements. Différentes versions existent: crépitements seuls, crépitements sur fond musical pour une ambiance relaxante ou sur fond de chants de Noël (pensez-y pour les prochaines fêtes de fin d'année). Pour le côté «je me réchauffe après une bataille de boules de neige», on repassera évidemment. Et

Vêtements chauffants, cafetières ou bouilloires connectées se déclenchant lors de votre arrivée à la maison, cheminées électriques ou virtuelles ... l'hiver est l'occasion de se laisser dorloter par la technologie pour de délicieux moments cocooning

si vous préférez *Disney+* et que vos petites têtes blondes ne jurent que par *La Reine des Neiges*, ce service de streaming propose «*La Bûche de Noël du Château d'Arendelle*». Même concept mais en version animée, ce plan séquence de 3h montre une large cheminée du château décorée pour Noël et dans laquelle crépite un bon feu bien intense et qui d'ailleurs ne se consume pas du tout... Pour les plus chanceux, il est possible de repérer Olaf faisant un bref passage devant la cheminée. Si vous n'avez souscrit à aucun service de ce genre, rendez-vous sur *YouTube* en tapant «feu de cheminée».





De la neige même à... Singapour

3. Croque-glace: S'appelant en réalité «brise-glace rotatif», ce rouleau muni de pics se place à l'avant d'un véhicule de déneigement. Il perfore et casse la glace qui peut ensuite être déblayée et retirée par une autre machine. Ce dispositif, qui existe en version pour les trottoirs ou pour les rues et ruelles, ne peut être utilisé que si l'épaisseur de la glace est suffisante afin de ne pas abîmer la surface sous-jacente.

Certains ont la chance (question de point de vue) d'habiter dans des parties du globe où la neige ne montre que rarement, voire jamais, le bout de son flocon. Qu'à cela ne tienne... Il existe des solutions, par exemple chez nous avec l'*Ice Mountain Adventure Park* de Comines dans le Hainaut ou encore *Snow Valley* à Peer dans le Limbourg. Mais allons plus loin, à Singapour, ville cosmopolite à la pointe de la technologie où la neige fait clairement défaut. Il y existe un parc d'attraction, *Snow City*, fonctionnant toute l'année autour du thème de la neige et du froid (voir photo 1). Une couche de 4 cm de neige y est présente en permanence, ce qui constitue environ 150t de neige dont 10 à 15t doivent être renouvelées chaque semaine pour maintenir le niveau. À l'aide d'air comprimé, de l'eau est décomposée en atomes et acheminée dans le canon à neige où elle entre en contact avec de l'azote liquide, ce qui donne des flocons de neige à la sortie. Il faut une tonne d'eau et une tonne d'azote liquide pour faire une tonne de neige... Diverses activités y sont proposées: auto-tamponneuse sur glace, toboggan de 60 m de long, balade sous la neige tombante ou parmi des sculptures de neige réalisées à la main, expositions interactives autour du thème de la neige et de la glace, expérience d'un vrai-faux blizzard, immersion dans la vie des Inuits avec igloo et pêche sous la glace, etc. Il est même possible de ramener *Snow City* chez vous (si vous habitez dans les environs de Singapour...) en louant une «*Snow Fun House*», genre de cube mobile au thème personnalisable, dans lequel vous pourrez réaliser l'évènement de votre choix rassemblant jusqu'à 40 personnes, sur la neige bien entendu. Ils offrent aussi en location une patinoire mobile et une aire de jeux pour enfants sur neige à disposer où bon vous semblera (air conditionné requis...). Bref, de quoi assouvir les envies les plus originales et les plus glacées...

Et ailleurs autour du globe

Restons en Asie et citons encore par exemple la déneigeuse japonaise *Yuki Taro*, qui signifie «Neige Taro», Taro étant un prénom masculin (voir photo 2). Il s'agit d'un petit robot jaune autonome doté d'un GPS pour s'orienter et de capteurs infrarouges pour éviter les obstacles vivants. Il avale la neige pour la compacter et la «recracher» sous forme de briques qu'il range méticuleusement. Un prototype a fait ses débuts aux alentours de 2005 mais ne semble finalement pas avoir transformé l'essai. Dommage car on aurait presque envie de le serrer dans ses bras tellement il est mignon.

On continue sur notre voyage et du Japon, on traverse le Pacifique pour poser notre traineau au Canada et en particulier, au Québec, zone du monde, s'il en est, enneigée par excellence. Ce n'est pas *Yuki Taro*, d'ailleurs, qui pourrait venir à bout de toute la neige québécoise ! Au pays des caribous, du sirop d'érable, de la poutine et des balades en motoneige, les déneigeuses sont légèrement plus volumineuses et plus efficaces. D'ailleurs, les autorités québécoises font, depuis quelques années, appel à la technologie pour les aider dans cette tâche gigantesque qu'est le déneigement: des drones sont utilisés pour améliorer l'efficacité de l'entreposage de la neige via le suivi de la place restante dans les dépôts, une application *INFO-Neige MTL* a été créée il y a quelques années pour renseigner les habitants montréalais en temps réel sur l'avancement du déneigement selon les rues, de nouvelles machines de type «croque-glace» sont utilisées pour casser la glace afin de pouvoir la ramasser, entre autres moyens déployés (voir photo 3). Courage à eux pour cet hiver: c'est bientôt le printemps !

Traversons l'Atlantique cette fois et revenons dans nos contrées avec un petit arrêt chez nos voisins

4

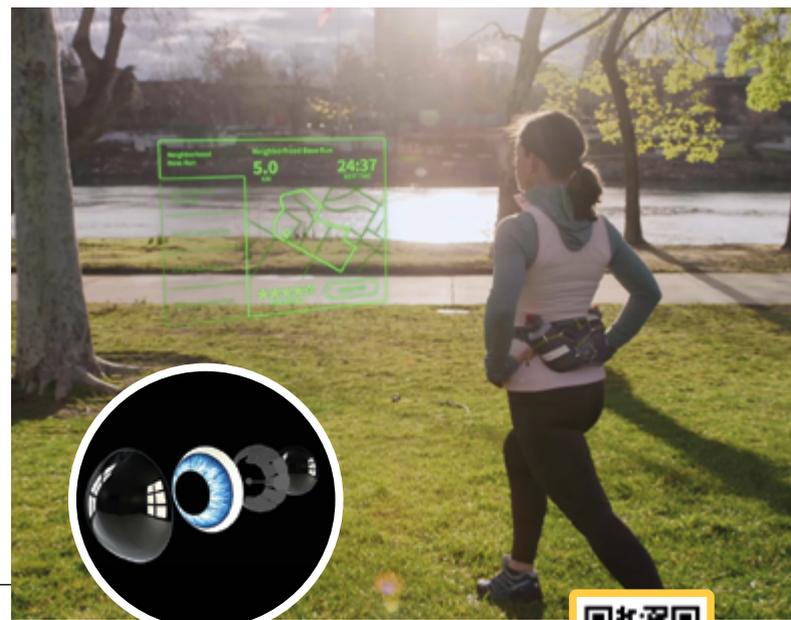


français, au sud de Lyon. Une société du nom d'EVVO y a développé une solution alternative à la traditionnelle raquette à neige indispensable aux randonnées hivernales: la *Snowshoe EVVO* (voir photo 4). Cette chaussure de neige est dotée d'une semelle tout-terrain en caoutchouc conçue par le géant du pneumatique *Michelin* à la façon des pneus hiver, ce qui garantit l'adhérence sur de nombreuses surfaces comme la pierre, l'herbe, la neige (qu'il s'agisse de poudreuse, de neige damée ou même gelée) et les terrains humides, tout en conservant une mobilité supérieure à celle procurée par les raquettes à neige. Cette semelle est équipée d'un chausson confortable en tissu qui garantit un pied bien au sec et une respirabilité optimale. Contrairement à la raquette à neige qui oblige le randonneur à marcher «autrement», les *Snowshoes*, utilisables avec n'importe quel type de chaussures, permettent à chacun de conserver son type de marche naturel, n'ayant pas la forme d'une spatule à l'avant et n'obligeant donc pas à lever le pied plus que d'ordinaire. Leur forme est d'ailleurs brevetée. De faible largeur et réalisées en matériaux légers et souples, elles demandent moins d'énergie que les raquettes classiques. Avantage supplémentaire: nuisances sonores réduites par rapport à ces dernières avec un niveau sonore inférieur sur neige tassée grâce notamment à la structure souple et à la semelle en caoutchouc. Pour n'entendre que le bruit de la neige qui craque sous vos pieds...

Ce qui est certain c'est que la neige, la glace... en bref tout ce qui touche au froid, concept en général très clivant (on adore ou on déteste), fait fonctionner l'imagination des bipèdes que nous sommes, qu'il s'agisse d'en tirer parti via l'aspect ludique, de s'en protéger un maximum en restant bien au chaud, de réaliser des performances sportives sans pareil ou d'éviter les accidents que la neige et la glace peuvent entraîner. À vos traineaux ! 🚗

TECHNO-ZOOM

Mojo Vision, une entreprise américaine basée en Californie, travaille d'arrache-pied à la mise au point de lentilles de contact intelligentes. Dotées d'un micro-écran de 70 000 pixels, ces lentilles communiqueront des informations en temps réel. En somme, il s'agit de réalité augmentée (RA). Connectées par exemple à un smartphone, elles pourront indiquer le lieu de votre prochain rendez-vous et vous y conduire via des indications de direction, rappeler une tâche à accomplir, renseigner sur les prédictions météorologiques ou encore fournir des points importants à aborder pendant une présentation, tout en vous permettant de garder les mains libres et sans encombrer votre champ de vision. Plus besoin de lunettes ou de casque de RA. L'écran mesurera moins d'un demi-millimètre de large, se trouvera au centre de la lentille (et donc normalement de la pupille) et projettera des images sur une zone particulière de la rétine centrale, la fovéa, là où la vision est la plus précise. À l'heure actuelle, les chercheurs de chez *Mojo* travaillent encore sur le prototype. Il faudra donc faire preuve de patience avant de pouvoir vous en procurer. Les premières versions de ces «*smart contact lenses*» seront dotées d'un processeur et d'un capteur d'images, auxquels viendront, à terme, s'ajouter un capteur de suivi oculaire et une puce de communication. Niveau batterie, cette dernière sera intégrée à la lentille sous forme de film extra-fin et les lentilles seront rechargeables dans une petite boîte, un peu à la mode de certains écouteurs sans fil bien connus dont nous tairons la marque. L'entreprise imagine déjà toutes sortes de débouchés, notamment dans l'aide aux personnes souffrant de troubles de la vision...



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



SCANNEZ-MOI



L'ADN de...

Fany BROTCORNE

Primatologue

Recto

Primatologue, c'est une vocation que vous avez depuis toute petite ?

*J'ai grandi entourée d'animaux. Mais l'idée de mieux comprendre les animaux sauvages, de les préserver et de «cohabiter» avec eux a naïvement commencé à naître suite à la lecture du roman *Le lion de Joseph Kessel*, qui décrit la relation privilégiée entre un lion et une petite fille au Kenya. Mon attrait pour les primates a lui débuté avec le film *Gorilles dans la Brume* dans lequel Sigourney Weaver incarne brillamment l'œuvre de Dian Fossey, une des premières primatologues de terrain qui a dédié sa vie, au sens propre, à l'étude et la conservation des gorilles de montagne. Ce film m'a permis de cristalliser l'idée qu'étudier le comportement des animaux sauvages pouvait être un vrai métier ! Idée qui s'est confirmée au fil de mes études, lors desquelles je profitais de la moindre occasion pour m'instruire en éthologie, rédiger des rapports sur les primates, jusqu'à réaliser ma première expérience concrète de recherche en primatologie avec mon mémoire à Strasbourg.*

Comment devient-on primatologue ?

La primatologie étant par essence une science pluridisciplinaire, les voies pour y parvenir sont assez variées. La plus fréquente est la biologie, mais la psychologie (cognitive), l'anthropologie biologique, les études de bio-ingénieur ou les sciences vétérinaires peuvent également y mener. Pour ma part, j'ai eu un parcours un peu en dehors des sentiers battus. J'ai d'abord fait des études de psychologie à l'ULB en sélectionnant l'orientation neurosciences afin de toucher au plus près du comportement et de la psychologie comparée. Après un mémoire sur les comportements collectifs des singes capucins au Centre de Primatologie de Strasbourg, je souhaitais réaliser une thèse en primatologie mais cela nécessitait une

formation complémentaire. J'ai donc suivi un DEA en Biologie des Organismes et Écologie à l'ULiège où j'ai rencontré mon mentor, Marie-Claude Huynen, qui dirigeait le Groupe de recherche en Primatologie (centre unique en Belgique francophone). C'est lors d'un second mémoire, réalisé en Thaïlande, que j'ai commencé à développer un des fondements clé de mes recherches: la question des impacts anthropiques (d'origine humaine) sur l'écologie, le comportement et la conservation des primates en milieu naturel. J'ai poursuivi par une thèse à l'ULiège sur les réponses éco-comportementales des macaques crabiers vivant dans des environnements modifiés par l'homme à Bali en Indonésie. J'ai ensuite réalisé un post-doctorat avec l'Université de Lethbridge au Canada sur un comportement culturel unique chez les macaques, celui du vol et du troc «objet contre nourriture». C'est suite à cela que j'ai eu l'opportunité d'être engagée comme assistante à l'ULiège afin de succéder à Marie-Claude Huynen au sein du Groupe de Recherche en Primatologie.

Vous travaillez actuellement comme assistante au Département de Biologie-Écologie-Évolution (Faculté des Sciences) de l'ULiège, quelle est votre journée-type ?

Il n'y en a pas. Le métier d'enseignant-chercheur nous amène à jongler en permanence entre les missions d'enseignement et les activités de recherche. Ces dernières couvrent le travail de terrain pour la collecte des données, la mise en place des protocoles de recherche, les analyses de données, les publications, l'encadrement des (post-) doctorants, la recherche de financement, la dissémination des résultats dans les congrès et conférences... Pour ce qui est de l'enseignement, c'est passionnant de pouvoir transmettre les concepts, techniques et challenges propres à notre discipline, et d'autant plus crucial vu l'urgence de la situation en termes de conservation de la biodiversité.

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

Spontanément, j'évoquerais un sentiment d'utilité, de responsabilité et d'abnégation. Je m'oriente de plus en plus vers des projets scientifiques appliqués, car même s'il s'agit de petites avancées concrètes à un niveau local, cela fait une différence perceptible. Quant aux souvenirs, je n'ai pas grandi dans une famille de scientifiques mais mon grand-père était passionné d'hydrographie. Je me souviens de lui travaillant minutieusement sur la cartographie complète des fleuves et cours d'eau de Belgique, juste pour satisfaire sa curiosité scientifique.

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

Sans aucun doute la difficulté de trouver des financements suffisants pour nos recherches dans le domaine de la biodiversité. C'est un travail sans fin, avec des opportunités limitées et un taux moyen de succès relativement bas compte tenu du nombre de demandes par rapport aux offres disponibles.

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

Tout d'abord, je dirais simplement d'être arrivée où j'en suis malgré un parcours un peu atypique. Même si la route est encore longue, c'est aussi important de regarder derrière soi et valoriser chaque petite réussite quotidienne. Mais plus précisément, je suis particulièrement fière des projets concrets de gestion des conflits homme-primat que nous menons sur le terrain en synergie entre les collaborateurs vétérinaires, biologistes, sociologues et les gestionnaires et communautés locales.

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

Certainement de tester dans un premier temps si l'idée romantique que vous vous faites de la primatologie n'est pas une illusion. C'est-à-dire concrètement si vous êtes fait pour passer des heures/jours/mois/années en forêt avec parfois de faibles satisfactions, loin de vos proches, et si votre capacité de travail est suffisante. Et ensuite, ne jamais lâcher malgré les obstacles pour y parvenir et les faibles débouchés, être curieux et pluridisciplinaire, faire du volontariat dans différents centres de recherche, voyager, networker, promouvoir la mobilité internationale et vous investir dans vos études. 



Fany Brotcorne

ÂGE : 38 ans

SITUATION FAMILIALE : mariée

PROFESSION : assistante et chercheuse à l'Université de Liège

FORMATION : Doctorat en sciences (Biologie des Organismes et Écologie)

MAIL : fbrotcorne@uliege.be

Verso

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

Vétérinaire ! Bien que la réponse fasse très cliché, c'est pourtant exactement ça ! (Rires). J'adore mon métier, mais j'adorerais aussi pratiquer les aspects techniques et pratiques du métier de vétérinaire, poser des actes minutieux et précis qui font la différence sur les conditions de vie des animaux et leur bien-être.

Je vous offre un super pouvoir...

Être polyglotte mais au sens large: pouvoir décrypter un maximum de langues mais surtout de modes de communication, humaine et animale. La base de mon métier c'est l'observation, l'outil-clé pour comprendre les mécanismes, les modes de vie et les capacités cognitives des animaux, mais on se heurte invariablement à la limite de nos «réalités», de nos perceptions et de ce qui nous est concevable. Sinon, je ne dirais pas non à un super-cerveau et une mémoire infinie afin de pouvoir tout connecter !

Je vous offre un auditoire...

J'y parlerai de coexistence avec la faune sauvage, de crise de la biodiversité, de la nécessité de changer les mentalités sur le vivre ensemble et de l'importance de chaque élément dans un écosystème, de tolérance et de solidarité...

Je vous offre un laboratoire...

J'inventerais une équation «remède» pour enrayer

l'érosion de la biodiversité, la perte des habitats naturels et limiter l'impact des changements globaux sur nos écosystèmes...

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

Je crois que je choisirais... un piano. Pour le pouvoir apaisant et bénéfique que ces mélodies nous procurent, pour un retour aux choses simples.

Je vous offre un billet d'avion...

Sans plus attendre, je m'envolerais en Indonésie, proche des primates ! Pour continuer nos projets de recherche à long terme qui ont beaucoup souffert de la crise sanitaire.

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

Ma mère, Jacqueline Houssa. Elle est décédée du Covid au début de la pandémie sans qu'on puisse la serrer une dernière fois dans nos bras. Elle était infirmière et mère de 3 filles aux ambitions débordantes. Elle fait partie de ces héros du quotidien sans qui rien ne serait possible.

La question «a priori»: Le métier de primatologue, c'est étudier le comportement des primates non humains. Une science qui, a priori, n'apporte pas de connaissances fondamentales à l'homme...

Que du contraire ! Étudier nos plus proches cousins sur le plan phylogénétique, c'est comprendre nos origines, notre histoire évolutive, et aussi nous permettre de faire preuve d'humilité quant à notre sentiment d'être(s) unique(s) et exceptionnel(s). Ceci étant dit, à titre personnel, comprendre notre espèce n'est pas la raison qui m'anime dans mes recherches. Je suis au contraire convaincue de l'intérêt intrinsèque que représente l'étude d'une société de primates en tant que telle, notamment pour les multiples fonctions écologiques qu'ils assurent d'un point de vue écosystémique et les rôles qu'ils jouent dans ce tout auquel nous appartenons et que nous impactons tant par nos activités. 



Réseaux sociaux: un miroir de la société à préserver

Il a beau être éphémère, le contenu des réseaux sociaux n'en mérite pas moins d'être conservé...

À KBR, la Bibliothèque Royale de Belgique, on planche, depuis un moment déjà, sur une stratégie d'archivage de ce patrimoine numérique, témoin de notre belgitude, avant qu'il disparaisse...

TEXTE: ANNE-CATHERINE DE BAST - ANNECATHERINEDEBAST@YAHOO.FR

PHOTOS: @TIPPAPATT - STOCK.ADOBE.COM (P.18), @KBR (P.19), @CHANDLERVID85 - STOCK.ADOBE.COM (P.20), @METAMORWORKS - STOCK.ADOBE.COM (PP.20-21)

Chaque seconde, 6 000 tweets et 6 profils Facebook sont publiés dans le monde. Depuis la création d'Instagram en 2010, 50 milliards de photos ont été postées. Aujourd'hui, 8,83 millions de Belges sont actifs sur les réseaux sociaux, d'après la dernière étude de Kepios, We Are Social et Hootsuite, référence pour les statistiques liées à l'usage des réseaux sociaux dans le monde. Cela représente 76% de la population, la presque totalité des personnes actives.

Progressivement, Facebook, Twitter, Tik Tok et les autres se sont fait une place dans notre quotidien. Ils sont devenus la norme. Incontournables. Indispensables, même, pour certains. Et ce, malgré leur caractère éphémère: bien malin qui pourrait annoncer la durée de vie d'un tweet au moment de sa publication ! Et pourtant, tout ce contenu joue un rôle important: il est le reflet de notre société à un instant précis. Un patrimoine immatériel qu'il convient donc de préserver pour éviter qu'il disparaisse.

À KBR, la Bibliothèque Royale de Belgique, on planche sur la question depuis près de 2 ans, au travers du projet BESOCIAL, financé par Belspo. Il regroupe des chercheurs de KBR mais aussi des Universités de Louvain-la-Neuve, Namur et Gand, qui ont donc pour objectif d'archiver les réseaux sociaux. Un véritable défi au vu de la complexité des données, de leur conservation, de leur préservation et de leur accessibilité. Au sein de KBR,

le projet est porté par Sophie Vandepontseele, qui en est la promotrice, Fien Messens et Friedel Geeraert. «*Nous avons lancé BESOCIAL afin de mettre en place une stratégie d'archivage et de préservation des médias sociaux en Belgique*, indique Sophie Vandepontseele, également directrice des collections contemporaines à KBR. *Les réseaux sociaux représentent une source d'information importante pour de nombreux chercheurs, dans de nombreux domaines tels que l'histoire, le journalisme, la sociologie, les sciences politiques, la linguistique, les sciences de l'information ou encore l'informatique. Leur préservation est essentielle car ils nous permettent de mieux comprendre comment fonctionne la société. Or, rien n'a été mis en place pour conserver leur contenu sur le long terme. Il n'y aura donc aucune trace de ces activités si personne ne prend acte. Il faut développer d'urgence une politique de conservation sous peine que toutes ces publications disparaissent. C'est intéressant pour la recherche, l'analyse de nos sociétés, mais aussi pour ce que nous sommes, à la fois ponctuellement et à grande échelle.*»

Un département de KBR s'occupe spécifiquement des recherches innovantes et de mener des projets qui ont pour but d'améliorer l'accès aux collections. «*Le public perçoit souvent la bibliothèque comme une institution de sauvegarde conservant un patrimoine peu accessible ou à certains initiés. KBR veut changer cela. La bibliothèque compte 8 millions de documents, tant physiques que numériques. Parmi ces derniers, on y trouve des collections patrimoniales qui sont numérisées mais aussi des collections nativement numériques, tels que les e-books, les e-journaux et les bases de données, mais il y a aussi des collections qui proviennent du Web. Indiscutablement, celui-ci est un matériau d'excellence pour la recherche et les chercheurs, mais c'est aussi un média très intéressant pour les citoyens*», ajoute Sophie Vandepontseele.

#codeco

Mais concrètement, comment archiver les réseaux sociaux ? Impossible de tout collecter, l'échelle est trop importante. Il faut donc définir des règles de sélection. «*Le projet de recherche a pour objectif de proposer une stratégie pour la préservation des réseaux sociaux*, précise la promotrice. *Sur quels critères nous positionner ?*» L'une des manières de définir ceux-ci est le *crowdsourcing*, autrement dit, l'appel à la créativité du plus grand nombre. «*Nous demandons au public de nous soumettre des propositions de comptes ou de hashtags en lien avec la réalité de la Belgique à préserver*, poursuit Sophie Vandepontseele. *Il est important de faire participer le citoyen pour*



KBR compte 8 000 documents, tant physiques que numériques. Des documents que le public peut consulter en salles de lecture, mais aussi sur Internet lorsqu'ils sont numériques ou ont été digitalisés.

En tant que bibliothèque scientifique nationale, KBR (Koninklijke Bibliotheek - Bibliothèque Royale) rassemble toutes les publications parues sur le territoire belge ou publiées à l'étranger par des auteurs belges. Elle conserve, gère et étudie un large patrimoine culturel et historique. Parmi ses missions, elle permet au public d'accéder facilement à l'information, encourage la recherche et propose des expériences culturelles. Aujourd'hui, elle regroupe 8 millions de documents, à la fois physiques et numériques, et se veut ouverte vers le public. «*Elle a souvent été perçue comme une institution de sauvegarde du patrimoine peu accessible*, déplore Sophie Vandepontseele. *Oui, notre objectif est la conservation du patrimoine mais nous voulons aussi le rendre accessible, notamment grâce à Internet. Nous avons aussi par exemple ouvert récemment le KBR Museum, afin de mettre le trésor des Ducs de Bourgogne, qui compte plus 300 manuscrits, à la portée du public. Nous travaillons dans le même esprit pour toutes nos collections aujourd'hui, pour autant que les conditions juridiques soient respectées et le permettent.*»

Les collections de KBR sont enrichies par le dépôt légal (qui impose à tout éditeur de transmettre ses publications dans le but de conserver le patrimoine culturel de notre pays pour les générations futures) quand il s'agit d'œuvres imprimées. «*Dans le cadre du web, on travaille sur une adaptation de la loi sur le dépôt légal, afin d'intégrer le web*, précise Sophie Vandepontseele. *Pour l'archivage du Web, c'est KBR qui va aller chercher les informations à archiver. Il y a donc une notion de moissonnage à intégrer dans la loi.*»





lui demander son avis, mais aussi parce qu'il pourrait mettre en avant des critères auxquels nous n'aurions pas pensé. Nous voulons favoriser la participation citoyenne, faire du bottom-up. Cela a du sens, les publications sont le reflet de ce qu'était la Belgique à un moment donné. Certaines notions peuvent d'ailleurs ne refléter qu'une époque. On voit par exemple arriver des #codeco ou des #inondations, qui se rapportent à des périodes limitées. Ces hashtags seront répertoriés sur une liste vivante, qui va évoluer au gré des événements.»

En parallèle aux hashtags permettant de définir un domaine ou un événement ponctuel, des comptes appartenant à des institutions, mais aussi à des personnalités publiques répondant aux critères qui seront déterminés, seront également archivés. «*Nous pensons à des comptes belges qui ont un lien très fort avec notre core business, en lien avec les traditions de l'écriture, de l'édition, de la littérature. Des comptes en lien avec nos collections, avec ce qui forme notre ADN. Je pense aussi à des personnes comme Angèle ou Stromae, par exemple. Si leur nom ressort du crowdsourcing, on archivera leur compte, car le public nous démontrera que cela capte quelque chose de notre Belgitude. En plus de cette campagne de crowdsourcing, l'équipe de BESOCIAL s'appuie bien sûr sur la contribution du public belge et ajoute une série de hashtags et de comptes, en s'appuyant sur l'expertise de KBR et de notre propre réseau. Pour cela, nous nous sommes basés sur une définition large de la notion "patrimoine". L'équipe a également travaillé sur des collections relatives à la nourriture belge ou les musées belges par exemple.»*

Un défi juridique

Au-delà de la préservation et de la conservation se posent les questions juridiques et légales. Il est impératif aujourd'hui de respecter la vie privée, mais aussi l'accès à l'information. Ces questions seront analysées plus en profondeur par le Centre de recherche, Information, Droit et Société (CRIDS) à l'Université de Namur.

Une chose est d'ores et déjà définie: aucun compte privé ne sera archivé. Seuls les comptes publics seront préservés, pour une question de vie privée mais aussi d'accessibilité. Car les chercheurs devront aussi définir comment fournir l'accès à ces contenus, tout en respectant les conditions de droit d'auteur. De plus, il faudra aussi déterminer sous quel format conserver les documents à long terme. «*Dans le cadre de ce projet, nous disposons d'un serveur spécifique mis à disposition par le CENTAL (Centre de Traitement Automatique du Langage) de l'UCL. Et plus généralement, nous possédons plusieurs serveurs permettant de conserver les collections numériques. Elles sont consultables localement et répliquées en plusieurs endroits par sécurité. Nous avons une politique de stockage durable grâce à BELSPO mais aussi en interne. Par rapport à la préservation numérique à très long terme, nous mettons également des choses en place, via des outils, des softwares, etc. Il est important de garder en tête qu'il ne faut pas seulement conserver les fichiers, il nous faut aussi les bons lecteurs et les bonnes versions des programmes pour pouvoir les lire !»* À l'image des informations autrefois préservées sur disquettes, impossibles à consulter aujourd'hui sans le lecteur adéquat.



#MOULESFrites #FETESDEWALLONIE #CODECO @ANGÈLE @FOIRELIVREBLX : QUELS MOTS-CLÉS POUR REPRÉSENTER LA BELGIQUE ?

À l'heure de mettre en place une stratégie pour la préservation de certains contenus de réseaux sociaux, KBR fait appel aux Belges. Quels sont les comptes hashtags qui mériteraient, selon eux, d'être archivés ?

Une manière de garantir une sélection diversifiée et représentative de la Belgique, sachant qu'il est impossible d'archiver l'entièreté des médias sociaux belges, compte tenu du nombre important de données. Deux critères de sélection sont exigés:

- 1 Le contenu doit être accessible publiquement sur Instagram ou Twitter (pas de comptes ni de messages privés)
- 2 Le contenu doit présenter un intérêt pour la société belge (actualités, événements sportifs, festivals, commémorations, littérature, minorités, festivités, régions géographiques, musées, événements artistiques, alimentation, monuments, grèves, médias,...)

Les suggestions sont à soumettre à l'adresse www.kbr.be/fr/socialmedia





Twitter et Instagram en ligne de mire

Mais le projet est également limité par la technique... *Instagram* et *Twitter* permettent le transfert des données grâce à une API (*Application Programming Interface*) présente dans leur système. Cette technologie permet l'échange d'informations en connectant différents logiciels. Néanmoins, la quantité d'informations est limitée. Pour *Twitter*, seuls 3 200 tweets peuvent être téléchargés par archivage, *Instagram* limite quant à lui son débit. Il faut donc recommencer le procédé régulièrement. Ces 2 réseaux sociaux sont ainsi les seuls ciblés par le projet BESOCIAL. *Facebook* ne soutient pas réellement la possibilité d'archiver ses comptes et change régulièrement ses paramètres.

En matière d'archivage des réseaux sociaux, Sophie Vandepontseele constate que tout le monde se pose des questions et rencontre les mêmes problèmes techniques. Au niveau international, mais en Belgique aussi... *KBR* n'est pas la seule à y réfléchir, des entités fédérées et locales le font également. On a notamment pu l'observer au moment des récentes inondations: comment capter ces instants et ces informations ? Plusieurs initiatives existent déjà, à l'image des projets *Best practices for archiving*

DE L'ARCHIVAGE DU WEB À CELUI DES RÉSEAUX SOCIAUX

Le projet BESOCIAL, qui vise l'archivage du contenu des réseaux sociaux, est né à la suite du projet PROMISE (*Preserving Online Multiple Information: towards a Belgian strategy*), qui avait pour objectif de créer une stratégie fédérale pour la préservation du Web belge à long terme. Un projet important répondant à une nécessité de sauvegarde, pour les générations futures, du Web belge, vu comme le témoin d'une part non négligeable de l'histoire et de l'édition belge.

Aujourd'hui, la phase de recherche est terminée. Un marché public va être lancé dans le but de faire appel à un sous-traitant. «*Nous allons externaliser le projet durant les 4 premières années car nous n'avons pas les ressources en interne pour archiver l'ensemble des sites Internet belges, et nous avons envie d'observer la manière de faire d'un partenaire externe, souligne Sophie Vandepontseele. On se rend compte qu'on a besoin d'aide extérieure avant de construire notre propre connaissance technique. C'est un énorme chantier, mais c'est aussi une énorme opportunité d'enrichir les collections numériques avec de nouveaux champs de recherche novateurs. Notre ambition est de réaliser un archivage annuel de l'ensemble des sites belges. Il y a des éléments qui restent sur Internet, on pourra les récupérer. Mais les anciennes versions de sites qui ne sont plus en ligne, on ne les aura plus...*»

Le projet PROMISE est passé par 4 étapes: identifier les bonnes pratiques en matière d'archivage du Web, mettre en place un projet pilote du Web belge, identifier des cas d'utilisation pour l'étude scientifique et donner des recommandations pour l'implémentation d'un service d'archivage du Web viable. Pendant 2 ans, plusieurs chercheurs ont ainsi travaillé à établir une politique de sélection des sites à archiver, à l'étude de cadres légaux et à développer un prototype de collecte testé et évalué par un panel d'utilisateurs.

Ces résultats servent actuellement à mettre en place l'archivage du Web au sein de *KBR*, archivage qui devrait être effectif en 2024.

social media in Flanders and Brussels et *Archives de quarantaine*, mais il manque une dimension nationale.

D'ici quelques mois, BESOCIAL devrait définir des recommandations. En fonction de ses conclusions, *KBR* prendra attitude. Un colloque international est planifié le 15 septembre prochain afin d'annoncer les résultats et de déterminer la suite qui sera donnée au projet. A

LE DOSSIER

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

WWW.PHILIPPE-LAMBERT-JOURNALISTE.BE

PHOTOS: ©JACOB LUND - STOCK.ADOBE.COM (P.22),

©JAN H. ANDERSEN - STOCK.ADOBE.COM (P.24),

©SB ARTS MEDIA - STOCK.ADOBE.COM (P.25),

©MOTORTION - STOCK.ADOBE.COM (P.27)



La sexualité des ados

Même si, dans nos pays, on attribue communément à Mai 68 le mérite d'avoir libéré la sexualité de vieux carcans moraux, les adolescents restent confrontés, aujourd'hui encore, à de nombreuses interrogations la concernant. Sa découverte demeure anxiogène, d'autant qu'elle s'inscrit dans le cadre plus global d'un processus développemental psycho-affectif

S'appuyant notamment sur les résultats de ses recherches et de sa clinique, Fabienne Glowacz, professeure à la faculté de psychologie de l'Université de Liège, psychologue clinicienne, psychothérapeute et experte judiciaire, estime que les jeunes souffrent d'un manque d'accompagnement, de l'absence d'un véritable espace de dialogue, dans l'éducation à la sexualité. Cette réalité n'est pas neuve, bien sûr, les générations antérieures l'ont expérimentée également. Mais la carence semble plus problématique de nos jours, dans une société empreinte d'une hypersexualisation alimentée par la publicité, les médias, la pornographie, les réseaux sociaux, les révélations incessantes d'affaires de harcèlement, de viol, de pédophilie ou encore leur dénonciation organisée par des mouvements comme #Me Too. *«Les adolescents baignent dans un climat où une sexualité déviante, agressive ou "malsaine" occupe presque toute la place, souligne Fabienne Glowacz. Ils doivent se construire sans se voir proposer de repères, sans que presque aucun accent ne soit mis sur la notion de sexualité positive, de santé sexuelle.»*

Dans de nombreuses familles, parler de sexualité reste difficile. Souvent, les parents ne disposent pas des «bons codes» ou éprouvent un malaise à le faire, tandis que les enfants veulent préserver leur intimité et renâclent à aborder les questions qui les taraudent. Fréquemment, l'éducation sexuelle ne porte que sur la contraception et la protection contre les maladies sexuellement transmissibles. Certes, en Fédération Wallonie-Bruxelles, le programme EVRAS (Éducation à la Vie Relationnelle, Affective

et Sexuelle) a été implanté dans les écoles. Promu notamment par l'OMS et l'UNESCO, il a pour but d'accompagner les enfants et les adolescents dans le développement de leur vie relationnelle, affective et sexuelle afin de les aider à devenir des adultes épanouis. *«C'est une initiative très intéressante, mais qui pèse d'un poids tout relatif si l'on se réfère au travail en profondeur qui devrait être mis en œuvre pour répondre aux enjeux auxquels les jeunes sont confrontés dans leur développement psycho-affectif et sexuel. Pensons par exemple à la question du consentement de l'autre et à celle de l'agentivité sexuelle, le fait de se sentir acteur de sa propre sexualité»*, indique la professeure Glowacz.

Plus de diversité

L'âge du premier rapport sexuel a-t-il évolué récemment ? Les recherches sur la question sont relativement difficiles à mener car elles impliquent de solliciter des témoignages ou de recueillir des réponses à des questionnaires, ce qui, vu l'âge des populations concernées, nécessite d'importantes précautions éthiques. Par ailleurs, qu'entend-on par premier rapport sexuel ? Les recherches se focalisent sur la pénétration vaginale, mais l'on pourrait convenir que la pénétration anale, la fellation ou le cunnilingus, par exemple, doivent être pris en considération. Contrairement à l'idée communément admise dans la population générale, on n'assiste pas à un abaissement significatif de l'âge des premières relations (pénétration vaginale). *«Nous avons mené une étude en Fédération Wallonie-Bruxelles en 2009, puis une autre en 2019, rapporte la*





professeure Glowacz. *Les chiffres sont très semblables. L'âge du premier rapport sexuel se situait dans les 2 cas aux alentours de 17 ans.*» Elle souligne cependant une évolution en cours: les filles, qui avaient tendance à avoir leur première relation sexuelle un peu plus tardivement que les garçons, seraient en passe de les rejoindre. Sans doute faut-il y voir l'impact d'une autre évolution, celle du statut de la femme et de la manière dont elle gère désormais sa sexualité.

Une enquête publiée par l'*Institut français d'opinion publique (Ifop)* en octobre 2013 fournit des données complémentaires. Ainsi, elle nous apprend qu'en France, à l'époque, près de 80% des 15-17 ans avaient expérimenté le baiser et qu'à l'adolescence, 80% des garçons et 50% des filles pratiquaient la masturbation. Quant à la pénétration vaginale, 1/3 des 15-17 ans et 2/3 des 18-19 ans s'y adonnaient. Toujours selon l'enquête *Ifop*, l'âge du premier rapport sexuel était en moyenne de 17,3 ans dans l'Hexagone, en recul par rapport aux années 1990. Autres données: les positions sexuelles les plus prisées par les 18-24 ans. Le missionnaire venait en tête avec 87% devant la levrette avec 78% et l'Andromaque avec 74%. Pour leur part, la fellation ou le cunnilingus auraient déjà été pratiqués par 70% des 15-17 ans, l'éjaculation faciale par 22% d'entre eux et la pénétration anale par 18% (24% des garçons et 18% des filles).

Selon une enquête britannique de 2017 portant sur un vaste échantillon, les pratiques sexuelles des jeunes seraient plus diversifiées qu'à l'aube de l'an 2000. Le «classicisme» d'alors - le mode

de sexualité présumé des parents - serait battu en brèche par une banalisation de certaines pratiques, dont en particulier le sexe oral et le sexe anal. *«Il y a une libération par rapport au fait de parler de ces pratiques, de les envisager, de les rendre moins taboues, dit Fabienne Glowacz. Il faut néanmoins opérer la distinction entre ce qui relève de la représentation et ce qui est réellement mis en œuvre.»*

La sexualité précoce, c'est-à-dire avant l'âge de 15 ans, n'est pas plus fréquente aujourd'hui qu'au cours des dernières décennies. C'est un bien dans la mesure où elle est associée à un risque accru de comportements problématiques, tels des actes de délinquance ou la consommation de substances. Elle s'inscrit dans ce que l'on pourrait qualifier d'économie globale du fonctionnement de l'adolescent et s'explique fréquemment par des vécus traumatiques durant l'enfance ou la préadolescence - agressions sexuelles, maltraitements physiques... *«Ces traumatismes tendent à orienter le sujet vers une sexualité précoce ou, en tout cas, vers une absence d'autoprotection face à des sollicitations»*, fait remarquer notre interlocutrice, laquelle ajoute qu'il faut également tenir compte d'un autre élément: la précocité de la maturation pubertaire. *«Fut le docteur Jean-Pierre Bourguignon, du service d'endocrinologie pédiatrique et de médecine de l'adolescent au CHU de Liège, a mis en évidence que le timing pubertaire, mais aussi le timing pubertaire perçu, c'est-à-dire la façon dont on se perçoit par rapport aux autres au niveau de sa transformation physique et psychique, a un impact sur l'âge du premier rapport sexuel»*, précise-t-elle.

En proie au doute

Même si elle prête moins le flanc aux tabous que par le passé, la découverte de la sexualité demeure très anxiogène en raison des transformations corporelles et psychiques avec lesquelles l'adolescent est aux prises au cours de sa maturation pubertaire ainsi qu'en raison de la modification de son rapport à l'autre sexe. Les questions affluent dans son esprit. Aux yeux de Fabienne Glowacz, le climat qui règne dans notre société autour de la sexualité (affaires de pédophilie, de harcèlement, de viol, etc.) n'est pas de nature à sécuriser les jeunes dans leur apprentissage. Et d'insister à nouveau sur la nécessité d'un espace de discussion où les adolescents pourraient échanger avec des adultes de référence dans le cadre d'une éducation à la vie sexuelle et affective.

De surcroît, toujours plus d'adolescents sont en proie au doute par rapport à leur identité sexuelle et en nourrissent une anxiété. «*Nous vivons une période inédite où des jeunes de 14-15 ans se posent des questions par rapport à ce qu'ils sont et en viennent régulièrement à se définir comme bisexuels ou non-binaires (1)*», relate la professeure Glowacz. Notre époque est le théâtre d'une reconnaissance des minorités sexuelles, les LGBTQ+ (2), et de la bisexualité. Ces avancées majeures contre les stigmatisations éveillent toutefois, chez certains jeunes, de nombreuses interrogations quant à leur orientation sexuelle. Ces questions, qui n'auraient pas pu être énoncées ou débattues par le passé, sont souvent associées à une intense souffrance. La levée des tabous, l'élargissement des normes et des représentations conduisent une frange des adolescents rongés par le doute à s'autoproclamer plus facilement bisexuels ou non-binaires quand bien même ne le seraient-ils pas fondamentalement. «*Les jeunes sont actuellement confrontés à un monde où tout est possible et cela complexifie le travail psychique, identitaire qui s'effectue pendant l'adolescence*», indique Fabienne Glowacz.

À l'instar des adultes, les adolescents ne sont évidemment pas à l'abri de troubles sexuels. En la matière, ils n'ont pas réinventé le monde puisque le profil de ces désordres apparaît comme un assez fidèle décalque des difficultés rencontrées chez leurs aînés. Publiée en 2016, une vaste enquête britannique entreprise auprès de 2 392 volontaires âgés de 16 à 21 ans dévoile des problèmes sexuels récurrents chez 10% des jeunes hommes et 12,5% des jeunes femmes ne vivant pas encore en couple. Chez les garçons, la difficulté d'accéder à l'érection ou de la prolonger et l'éjaculation précoce constituaient les troubles les plus fréquemment rapportés;



VIOL DE L'IMAGE

À côté de la pornographie sur Internet, le téléphone portable et les réseaux sociaux ont modifié l'approche de la sexualité chez les adolescents. À l'ULiège, Fabienne Glowacz et Margot Goblet se sont penchées (3) sur le *sexting* qui, rappellent les 2 chercheuses, consiste en «*l'envoi de photos, de vidéos et de messages à "contenu sexuel explicite de soi" par l'intermédiaire d'un téléphone portable ou des réseaux sociaux*». Le phénomène est loin d'être marginal puisqu'une méta-analyse réalisée en 2018 sous la conduite de Sheri Madigan, de l'Université de Calgary au Canada, dévoile que 14,8% des jeunes âgés de 12 à 17 ans ont déjà envoyé un «sexto», que 27,4% en ont déjà reçu au moins un et que garçons et filles seraient logés à la même enseigne. «*Plus de 60% des sextos s'inscrivent dans le cadre d'une relation amoureuse*, précise la professeure Glowacz. *Ils peuvent alors être utilisés pour faciliter le début d'une relation avec un partenaire potentiel, exprimer l'intérêt sentimental ou sexuel et/ou une forme de consentement pour l'initiation d'une relation sexuelle.*» Sous cette perspective, les psychologues appréhendent le *sexting* comme un processus de construction identitaire à travers le regard de l'autre, sous-tendu par les opportunités offertes par l'univers virtuel d'Internet et des réseaux sociaux.

Voilà pour le versant positif, celui des stratégies de séduction, de l'engagement dans une relation ou du prélude à une sexualité «incarnée», c'est-à-dire se concrétisant dans le réel. «*Cependant*, disent Fabienne Glowacz et Margot Goblet, *les filles sont également nombreuses (78%) à considérer la pratique du sexting comme la conséquence de pressions exercées par le partenaire. En revanche, très peu de garçons la perçoivent comme telle.*» Le danger majeur est toutefois la diffusion non consentie, sur la Toile ou les réseaux sociaux, d'images intimes (photos, sextapes) initialement réservées à un destinataire unique ou la «*sextorsion*», chantage relatif à une telle diffusion. «*Ces partages et diffusions* ▶

► *non consentis sont source de rejet, d'humiliation ou de harcèlement de la victime, laquelle se voit par ailleurs fréquemment attribuer la responsabilité d'avoir initialement produit les contenus incriminés»,* explique Fabienne Glowacz. Cette situation, cette perte de contrôle de sa propre image, est de nature à générer un traumatisme majeur doublé d'un sentiment de honte. On pourrait parler d'un viol de son image, d'autant qu'à l'adolescence, l'élément le plus central est le regard des autres.

Selon les travaux de l'équipe de la professeure Glowacz, 17,1% des jeunes interrogés (18,8% des filles et 14,9% des garçons) ont connu une ou plusieurs cyberviolences sexuelles ou sexistes sous la forme de la diffusion non consentie de messages ou d'images à caractère sexuel, de menaces d'y procéder ou de messages insultants ou rumeurs à caractère sexuel.

La plupart des adolescents sont conscients des risques encourus en envoyant des sextos. Sur le plan de la prévention, ils évoquent diverses pistes dont l'évitement, le contrôle de soi mais aussi la répression pénale et des solutions allant quelquefois jusqu'à des réponses répressives extrêmes, telle l'élimination physique pure et simple. Cette dernière proposition, sans doute sous-tendue par un manque de maturité, souligne à nouveau les énormes carences de l'éducation sexuelle et affective donnée à ces jeunes.

D'autres types de violence se manifestent en outre au sein des relations amoureuses chez les adolescents. Et l'on note chez certains d'entre eux, comme chez certains de leurs aînés, des préjugés de genre et du sexisme.



ils suscitaient de la détresse respectivement chez 42% et 34% des sujets concernés. Les impératifs de performance que l'adolescent s'assigne et la peur de ne pas les atteindre sont généralement à l'origine des problèmes érectiles rencontrés. Quant à l'éjaculation prématurée, elle *«est quasi physiologique à cet âge, mais vécue comme douloureuse et dévalorisante»*, ainsi que le déclarait en 2019, au magazine *Le Cercle Psy*, Philippe Duverger, chef du service de pédopsychiatrie du CHU de Nantes. Chez les filles, les principales plaintes enregistrées par l'enquête britannique avaient trait en premier lieu à la difficulté d'atteindre l'orgasme et ensuite à la sécheresse vaginale, 2 problèmes qui entraînaient une souffrance chez respectivement 30% et 9% des adolescentes qui y étaient confrontées. D'après le pédopsychiatre français ces désordres pourraient refléter une problématique dépressive ou, plus prosaïquement, un *«sentiment d'insuffisance par rapport à des normes sexuelles exagérées médiatiquement»*.

Les cliniciens évoquent encore d'autres plaintes assez fréquentes. Chez les filles, notamment des troubles du désir, des douleurs durant la pénétration ou encore le vaginisme, contraction réflexe des muscles du plancher pelvien qui tend à faire obstacle à toute pénétration vaginale. Chez les

Le climat qui règne dans notre société autour de la sexualité (affaires de pédophilie, de harcèlement, de viol, etc.) n'est pas de nature à sécuriser les jeunes dans leur apprentissage. D'où la nécessité d'un espace de discussion où les adolescents pourraient échanger avec des adultes de référence

garçons, entre autres l'idée d'être doté d'un pénis trop petit, voire d'un micropénis. Ce qui influe sur la représentation que le jeune se forge de sa virilité et, partant, de sa capacité à prendre ou donner du plaisir avec son phallus.

Adolescence sous X

Omniprésente sur Internet, gratuite, aisément accessible, la pornographie est devenue, ipso facto, une des voies de découverte de la sexualité par les adolescents. En un sens, elle comble un vide, pour le meilleur et pour le pire. Une vaste étude menée en 2019 au niveau de la Fédération Wallonie-Bruxelles par l'équipe de Fabienne Glowacz montre qu'environ la moitié des jeunes de moins de 18 ans (33% des filles et 78% des garçons) a déjà été exposée à du matériel pornographique, tantôt «par accident», tantôt intentionnellement. La proactivité est manifestement du côté des garçons puisqu'ils sont nombreux à déclarer qu'ils ont consulté volontairement des sites pornos, tandis que 16% des filles seulement disent avoir initié spontanément une recherche. Pourrait-il s'agir de réponses dictées par la désirabilité sociale, chacun et chacune étant censé endosser le rôle qu'on lui reconnaît habituellement ? *«Différents éléments nous confortent dans l'idée que ces données sont fiables»*, insiste la professeure Glowacz. Beaucoup de ceux et celles qui se rendent intentionnellement sur des sites pornographiques expliquent qu'ils vont y puiser de l'information. Selon des données françaises, environ 50% des adolescents considèrent que les scènes X visionnées sur Internet ont contribué à leur apprentissage de la sexualité. Sous cet angle, la pornographie apparaît dorénavant comme un des vecteurs majeurs de l'éducation sexuelle. *«Dans ce contexte, les adolescents sont guidés soit par un besoin de réassurance par rapport à leur propre corps, soit par le souci de visualiser comment mener à bien une relation sexuelle»*, commente Fabienne Glowacz, qui précise par

ailleurs que l'âge de 15-16 ans est celui d'un pic de consommation de pornographie chez les adolescents.

Un effet délétère de la pornographie est de faire naître chez nombre de garçons le sentiment d'une obligation de performance peu réaliste fondée sur un comparatif biaisé, les acteurs recourant à divers moyens médicamenteux et autres pour «tenir la distance» et les scènes de pénétration étant généralement le fruit d'un tournage morcelé à la faveur de changements d'angle de prise de vues. En outre, les adolescents sont attentifs à leur corps en transformation. Certains garçons peuvent nourrir des inquiétudes par rapport à leur pénis, dont le développement est quelquefois tardif et dont la taille et le diamètre s'avèrent dès lors très inférieurs à ceux des acteurs X. De même, les jeunes filles peuvent parfois être complexées par une poitrine peu opulente.

Stop ou encore ?

Certains praticiens dénoncent l'exposition des mineurs à des films X, d'autres dédramatisent le phénomène. Selon la psychologue de l'ULiège, il ne faut pas diaboliser la consommation pornographique, mais il convient d'être conscient des dangers potentiels qu'elle recèle. L'un d'eux réside dans des représentations stéréotypées ou sexistes faisant en particulier l'apologie d'une objectification de la femme. Le sociologue Florian Voros, de l'*Institut de recherche interdisciplinaire sur les enjeux sociaux* (Paris), soutient cependant que la pornographie «n'a pas le pouvoir magique d'implanter des préjugés sexistes», mais que de multiples autres sources contribuent à les alimenter - le cinéma, la télévision, la publicité, la famille, les amis... Fabienne Glowacz souligne en outre à travers ses travaux que les adolescents ont une conscience assez forte du fait que le X n'est pas le juste reflet de la réalité. «Néanmoins, dit-elle, tous les jeunes ne sont pas égaux devant la pornographie. Ceux qui ont des fragilités préalables au niveau psychologique, social, affectif ou autre risquent de ne pas avoir le jugement critique requis. D'autre part, plus cette "consommation" est fréquente et prend de la place dans le quotidien de ces jeunes, avec une évolution au niveau des contenus (plus agressifs), plus le risque d'adopter des comportements inadéquats sur le plan sexuel est grand.»

Moins le jeune dispose d'«outils» lui permettant d'affronter et de comprendre les contenus sexuels explicites qui lui sont présentés, d'y réagir et de les «métaboliser», plus il est en danger d'être envahi par une excitation débordante et anxiogène pouvant l'inciter à reproduire ce qu'il a vu, et ce, en recourant éventuellement à la coercition à



l'égard d'un tiers. De surcroît, la consommation d'images pornographiques dérive chez certains vers une forme de fascination ou d'addiction ainsi que vers la recherche de contenus de plus en plus *hard* dont la tonalité déviante est celle d'un trouble paraphilique tel le sadomasochisme. «Le danger d'une consommation pornographique intense et fréquente est qu'elle devienne le seul repère autour duquel l'adolescent construit sa sexualité, ce qui ne peut l'aider à structurer sa vie sexuelle sur une base de réciprocité avec un ou une partenaire, explique la professeure Glowacz. Dans ma pratique clinique, tous les jeunes auteurs d'agressions sexuelles sont des consommateurs assidus de pornographie.»

Cette dernière ne serait donc pas à bannir du monde de l'adolescence - ce qui tiendrait de toute façon du pari impossible -, mais elle réclame un encadrement adéquat susceptible de permettre au jeune de se forger une approche critique des contenus catalogués X et, s'agissant d'une exposition accidentelle au début de l'adolescence, voire dans l'enfance, de ne pas absorber les images à caractère sexuel sur un mode traumatique ou comme un modèle d'identification. «Les parents ou les adultes de référence devraient anticiper en discutant avec leurs jeunes de ces images auxquelles ils vont être confrontés malgré eux ou par curiosité», estime Fabienne Glowacz. ^A

⁽¹⁾ Les personnes non binaires ne s'identifient ni strictement comme homme ni strictement comme femme, mais comme un mélange des 2 ou aucun des 2.

⁽²⁾ LGBTQ+ pour lesbienne, gay, bisexuel, transgenre, queer (hors catégorie), le «+» se référant à toutes les autres identités ou orientations - par exemple, asexuel, pansexuel ou agendre.

⁽³⁾ Fabienne Glowacz et Margot Goblet, *Sexting à l'adolescence: des frontières de l'intimité du couple à l'extimité à risque*, Enfances Familles Générations, 34 | 2019.

LES AVENTURES DE BARJE

©SKAD 2022

Barje, tu crois que tout ça,
c'est le fruit du hasard?

Non, c'est grâce
au Big Bang.



Et le Big Bang,
c'est grâce
au hasard?

Dans la vie, tout
est dû au hasard...

Sauf le hasard
lui-même.





Alerte: océans en danger

Les océans représentent environ 71% de la surface du globe et 97% de l'eau sur Terre. Important vivier de nourriture pour l'homme et les espèces marines, ils assurent plusieurs rôles déterminants pour notre planète. C'est pour ça qu'aujourd'hui, ils doivent à tout prix être protégés

TEXTE: LAETITIA MESPOUILLE - INFO@CURIOKIDS.NET
PHOTOS: ©SILVAE - STOCK.ADOBE.COM (P.29), ©JAG_CZ - STOCK.ADOBE.COM (P.31)
ILLUSTRATIONS: PETER ELLIOTT

Protection contre le réchauffement climatique, oxygénation de l'atmosphère, abri pour la biodiversité, source d'énergie, voici autant de rôles assurés par les océans. Des rôles vitaux qui te permettent de vivre dans les conditions idéales que nous connaissons. Cependant, les activités de l'homme détruisent la qualité des océans. Rejets de plastiques et de produits chimiques, surpêche, émission excessive de gaz à effet de serre conduisent à leur dérèglement et par conséquent, à la disparition d'écosystèmes sous-marins.

Des océans en surchauffe

Les océanographes ont des sueurs froides: la température des océans augmente ! C'est l'observation rapportée par l'Académie des Sciences chinoise et l'Agence américaine *National Oceanic Atmospheric Administration* en janvier 2022. En effet, la température mesurée sur une profondeur comprise entre 150 et 450 m indique une température moyenne de 14,4 °C, alors qu'elle était de 13,8 °C en 2000 ! Non seulement les eaux du globe sont plus chaudes mais elles se réchauffent aussi plus vite. Ce constat est un des indicateurs clés du réchauffement climatique. Mais pourquoi les océans se réchauffent-ils ?



Les activités humaines rejettent de grandes quantités de gaz à effet de serre dans l'atmosphère. En particulier, du dioxyde de carbone (CO₂). En excès, ces gaz retiennent de la chaleur, avec le résultat que notre atmosphère se réchauffe. Les océans absorbent en partie cette chaleur excédentaire, ce qui explique leur propre réchauffement. Cette augmentation de température de 0,6 °C peut te sembler ridicule. Pourtant, elle a déjà de nombreuses conséquences négatives. Citons tout d'abord la fonte progressive de la banquise, mettant en péril les espèces animales vivant dans les régions polaires. Ensuite, la dilatation des océans car en se réchauffant, le volume des océans augmente. Résultat: le niveau des mers s'élève, menaçant certaines îles de disparaître sous l'eau et les villes côtières d'inondations. Les océans et les mers influencent aussi la météo, comme les pluies, les vents, mais aussi la formation de tornades.

Mangerons-nous des poissons en plastique ?

Avec 380 millions de tonnes produites chaque année, nous sommes devenus de supers-consommateurs de plastiques. Emballages alimentaires, sacs poubelles ou de courses, bouteilles de soda ou d'eau, ces objets en plastique ont intégré notre quotidien et nous n'arrivons plus à nous en passer. Et dire qu'ils sont utilisés très peu de temps avant d'être jetés à la poubelle. Le problème, c'est que la majorité d'entre eux ne sont pas dégradables. Sachant que plus de 10 millions de tonnes de plastiques se retrouvent dans les océans chaque année, ça en fait des déchets !

Le truc de ouf !

D'immenses plaques flottantes de plastiques se créent dans les océans, alimentées par les débris comme les déchets plastiques, les filets de pêches et autres débris. Aujourd'hui, il existe 5 continents de plastiques flottants. Le plus grand est localisé dans l'océan Pacifique Nord, entre l'île d'Hawaï et la Californie. Sa superficie est de 1,6 million de mètres carrés, 51 X plus grande que la Belgique. Ces continents de plastiques sont responsables de la mort de nombreuses espèces animales qui confondent les plastiques avec leur nourriture. Au-delà des intoxications et de la pollution produite, les filets de pêche et les cordes tuent poissons, tortues et mammifères marins qui ont le malheur de s'empêtrer dedans.

La fondation *Ocean Clean Up* a récolté des millions d'échantillons, dont l'analyse a mené à d'étranges découvertes. Différentes espèces avaient colonisé les plastiques. Parmi elles, des espèces habituellement visibles dans les régions côtières comme des anémones, des étoiles de mer, des petites crevettes et autres petits crustacés. Pas moins de 300 espèces différentes ont donc «nagé» jusqu'à ces continents de plastique pour y élire domicile. En vivant sur ces radeaux permanents, elles ont attiré d'autres espèces comme les poissons, les tortues ou encore les mammifères marins. Ces derniers sont contraints de se frayer un chemin parmi les ordures pour trouver leur nourriture. Une chasse qui peut se révéler mortelle s'ils mangent ces déchets ou si les filets de pêche et autres débris les immobilisent. Tu l'as compris, ces continents de plastiques sont des pièges mortels.

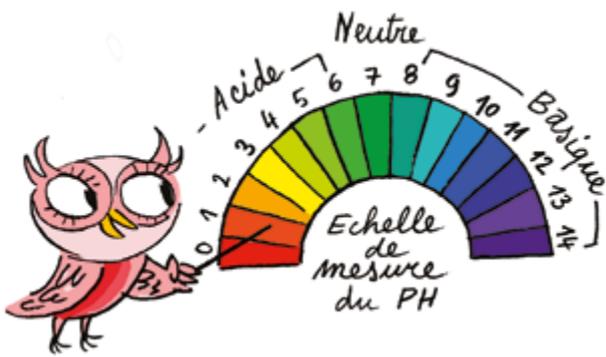


Et la faune sous-marine dans tout ça ? Et bien ses habitants nagent dans une mer de plastiques et de déchets divers. Quand ils ne meurent pas étouffés, ils sont contaminés par des microplastiques qu'ils avalent malgré eux. De tout petits morceaux de plastiques éliminés par l'activité humaine ou issus de la dégradation des bouteilles d'eau fracassées par les vagues. Moules, poissons, mammifères marins, tous sont contaminés par les plastiques. La fondation *Plastic Oceans International* a même observé que 100% des moules analysées dans leurs études étaient contaminées. Ce n'est pas tout: selon certains experts, un être humain consommerait 20 kg de plastique durant sa vie. Autrement dit, l'équivalent d'une brique de Lego par mois.

La contamination par les microplastiques continue à prendre de l'ampleur en atteignant les sources d'eau locales. Des études démontrent que 80% des échantillons d'eau potable collectés sur les 5 continents étaient contaminés de microplastiques. Ce constat nous pousse à réfléchir autrement, non ?

Un océan de vinaigre

Les océans deviennent de plus en plus acides. À cause de quoi ? Ou de qui ? Avec quelles conséquences ? Quand tu goûtes du citron ou du vinaigre, c'est sûr et ça pique: ce sont des composés qualifiés d'acide. Les chimistes parleront de pH (potentiel hydrogène). C'est une échelle de mesure qui te permet de savoir si un milieu est acide, neutre ou basique. Si la valeur est de 7, on dit que le milieu est neutre. En dessous de 7, il est acide et au-dessus, basique. Par exemple, l'eau en bouteille présente un pH compris en moyenne entre 7 et 7,4. Le pH moyen des océans est normalement de 8,25. Une valeur idéale et propice au développement de la vie sous-marine. Actuellement, il est plutôt à 8,14, soit une diminution de 0,11. C'est pour cela qu'on parle d'acidification. Cette diminution te semble faible n'est-ce pas ? Pourtant, elle représente une hausse d'acidification de 30% , ce qui peut tout changer.



Comment l'océan s'acidifie-t-il ? Tu l'as lu plus haut, l'homme a libéré des quantités énormes de dioxyde de carbone dans l'atmosphère depuis le 19^e siècle. En 2019, ce ne sont pas moins de 43 milliards de tonnes qui ont été relarguées. Bien que ce gaz à effet de serre soit consommé par les arbres et les plantes, 30% sont absorbés par les océans. Et dans l'eau, le gaz se transforme en acide carbonique. Oui, un acide.

Un problème, entre autres, est que le plancton est très sensible au pH. Si son milieu s'acidifie, sa croissance est freinée. Or, tu sais que ce petit organisme est le repas favori de beaucoup d'animaux marins. On peut même dire qu'il est à la base de la chaîne alimentaire de la vie sous-marine. S'il disparaît, ce sont toutes les autres espèces qui disparaissent avec lui. Les autres victimes de l'acidification des océans sont le corail, les coquillages et autres escargots de mer, dont la coquille ou squelette extérieur est constitué de calcaire. L'acidification provoque la dissolution des coquilles et une dégradation lente des squelettes de calcaire. Si le corail et les mollusques disparaissent aussi, c'est tout un écosystème qui est menacé.

BIG DATA

8,14

c'est le pH des océans en 2020

97%

de l'eau sur Terre est contenue dans les océans.

80 000 t

c'est la quantité de plastique contenue dans le continent de plastique du Pacifique. Il est si vaste qu'on l'a baptisé le 6^e continent.

25%

de la biodiversité sous-marine est abritée par les récifs coralliens



ACTU science:

Bactéries mangeuses de plastique

deonella sakaiensis, c'est le petit nom de cette bactérie dévoreuse de plastique. Son plat préféré ? Le polyéthylène téréphtalate, ou PET. C'est le plastique employé dans la fabrication des bouteilles d'eau, entre autres. Mais comment fait-elle pour «manger» ces déchets ? Elle dégrade le plastique grâce à la sécrétion de 2 enzymes. Celles-ci saucissonnent les molécules de PET en tous petits morceaux. Les résidus sont ensuite assimilés par la bactérie pour qu'elle puisse produire sa propre énergie ou fabriquer des molécules dont elle a besoin.

Cette découverte est très importante pour les chercheurs. D'une part, on se demande comment une bactérie a pu évoluer aussi vite pour se mettre à produire cette enzyme, car les bactéries ne se nourrissent pas de plastiques habituellement. De plus, ces derniers ont conquis notre quotidien il y a 60 ans seulement. 60 ans pour apprendre à «manger» le plastique, c'est quand même rapide. Cette découverte est aussi très positive pour lutter contre la pollution.

Figure-toi que ces enzymes pourraient être exploitées industriellement pour décomposer les bouteilles. En effet, le PET est un plastique très stable, non dégradé. Ce déchet est donc brûlé après usage. Ce qui est tout aussi polluant en raison du gaz carbonique rejeté dans l'atmosphère. Ces super enzymes mangeuses de plastique sont donc une excellente nouvelle pour l'environnement.

Le selfie du jour: Les tortues



Les tortues sont une catégorie de reptiles qu'on reconnaît facilement à la carapace qui protège les parties molles de leur corps contre leur prédateur. En cas de danger, la tortue se rétracte pour rentrer complètement à l'intérieur. Pratique, non ? On retrouve des tortues marines à peu près partout sauf dans les régions polaires. Leur menu varie suivant l'espèce. Certaines sont carnivores, d'autres herbivores, ou même omnivores. Éponges de mer, algues, mais aussi crevettes, poissons ou méduses figurent au menu de ces dames des mers. Cependant, il arrive aussi que les tortues confondent leur dessert avec des débris car les plastiques ressemblent à des méduses. Plus de la moitié des tortues marines ont consommé du plastique. Des chercheurs australiens du CSIRO ont calculé qu'1 tortue sur 5 mourrait après consommation d'un tout petit morceau, car le plastique bouche ou perce ses intestins. Les tortues sont donc en danger de mort puisque nous en rejetons toujours plus dans les océans.



LE P'TIT DICO



Biodiversité : c'est l'ensemble du vivant sur notre planète. Les espèces (les animaux, les plantes, les micro-organismes), les gènes, mais aussi les écosystèmes (les milieux dans lesquels ils vivent comme les flaques, les mers, les forêts).

Biomasse : c'est la masse en kilogramme d'organismes vivants dans un écosystème.

Bioplastique : c'est un plastique produit au départ de ressources renouvelables comme le bois, l'amidon de maïs, etc.

Biodégradable : signifie qu'il se dégrade naturellement et rapidement sous l'action de l'eau ou de micro-organismes, en laissant derrière lui de l'eau et des molécules non toxiques pour l'environnement.



BONUS en ligne

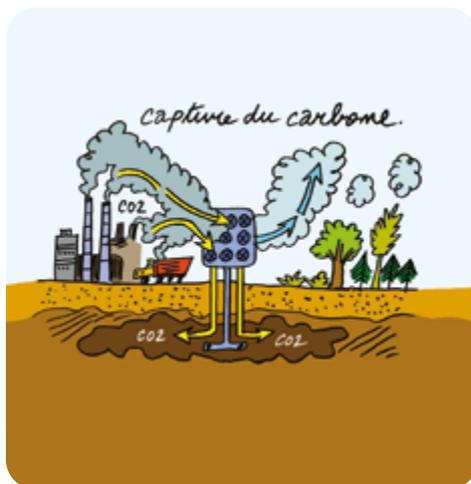
Les GAZ À EFFET DE SERRE, c'est quoi ?

Pas trop peu, surtout pas trop

Il s'agit de gaz qui «retiennent» la chaleur sur Terre. Ces gaz sont la vapeur d'eau, le dioxyde de carbone, l'ozone ou le méthane par exemple. Comment ça marche ? Le soleil nous irradie chaque jour de ses rayons chauds. Une portion d'entre eux sont renvoyés vers l'espace grâce à notre atmosphère. Le reste, 70%, atteint la surface de la Terre et sont absorbés par l'atmosphère, le sol et les océans. Pour faire simple, ces rayons réchauffent notre planète. Cette chaleur est ensuite renvoyée sous la forme de lumière infrarouge. Des ondes invisibles pour l'homme. En remontant, ces infrarouges rencontrent une couche de gaz à effet de serre. Ces gaz absorbent les infrarouges et les renvoient vers la Terre. L'effet de serre est important pour maintenir des conditions de vie agréables sur Terre. Sans ces gaz, la température moyenne serait de -19°C . Cependant, en excès, ils provoquent un réchauffement climatique et les déséquilibres que l'on connaît.

Capter le dioxyde de carbone

Pour lutter contre le réchauffement climatique et protéger les océans, il convient de diminuer la production de gaz à effet de serre. Les pays du monde entier se rassemblent afin de trouver des solutions sans nuire à leur économie. En attendant que les politiques s'entendent, d'autres mettent en place des solutions. Une première manière d'agir est de planter des arbres. Savais-tu qu'un arbre adulte capte en moyenne 25 kg de carbone par an ? Cependant, planter des arbres n'est



pas une solution miracle pour lutter contre le réchauffement climatique car il leur faut 15 ans pour atteindre de telles capacités de stockage. Aussi, ces actions doivent être complétées par d'autres, comme protéger les forêts existantes et ralentir la déforestation.

Pour gagner en efficacité et agir plus vite, de nombreux chercheurs issus de différents laboratoires ont développé des technologies permettant de capturer le dioxyde de carbone rejeté par les entreprises et de le stocker. Ces technologies s'appellent les *Carbon Capture and Storage* (CCS). Le principe est de capturer le dioxyde de carbone sur les sites industriels ou au sein des zones de productions d'électricités. Une fois capté, il est purifié et stocké sous terre. Les sites de stockage appropriés sont par exemple des gisements de pétroles ou de gaz abandonnés. En captant le dioxyde de carbone là où il est produit et en le concentrant sous terre sous la forme liquide, nous pouvons diminuer drastiquement les émissions de ce gaz à effet de serre. Avant que ces systèmes soient exploités à large échelle, de nombreux défis attendent les chercheurs. Il faut assurer l'étanchéité du stockage du CO_2 , réduire les risques sismiques et diminuer le coût de ses technologies.

TON P'TIT LABO

Une expérience à faire avec Curiokids:
«L'allumette complètement folle»

SCANNE-MOI



Un surbooking... calculé !

À l'approche des congés de printemps et des premiers beaux jours, il n'est pas du tout impossible que vous ayez envie de prendre l'air et peut-être même de prendre les airs. Une belle occasion pour moi de vous expliquer comment les compagnies aériennes s'appuient sur les mathématiques pour calculer le surbooking idéal !

TEXTE : MANU HOUDART • MANU.H@VERYMATHTRIP.BE • [HTTPS://WWW.VERYMATHTRIP.COM](https://www.verymathtrip.com) •   
PHOTOS : @LUENGO_UA - STOCK.ADOBE.COM (P.33)



si vous lancez 5 fois un dé, la probabilité d'obtenir une et une seule fois le 2 est de $(1/6) \times (5/6)^4 \times 5$, soit 40,18%. C'est un exemple classique de la LOI BINOMIALE.

La puissance de la combinatoire

Enfin, techniquement, le mot exact est plutôt l'overbooking ou en français: la surréservation. Mais l'usage en est tel que j'ai décidé de me conformer à l'anglicisme. Le surbooking, c'est la pratique qui consiste à prendre plus de réservations que le nombre de places disponibles... en espérant qu'il y aura des absents. Ça peut se faire dans tous les domaines mais le phénomène est surtout répandu auprès des grandes compagnies aériennes. Et contrairement à ce qu'on entend parfois, cette pratique n'est pas du tout illégale. Moralement, elle peut être douteuse mais rien ne l'interdit. Pour autant, bien sûr, que des indemnités de dédommagement soient prévues pour les malheureux voyageurs qui seraient privés de place. Et si les compagnies sont prêtes à prendre ce risque, c'est parce que - quand il est bien calculé - elles peuvent maximiser considérablement leurs profits. Et c'est là tout leur intérêt ! Puisque tout est une question de risques et donc, de probabilités, commençons par une autre question assez simple.

Si vous lancez un dé, quelle est la probabilité d'obtenir 2 ? Puisqu'il y a 6 résultats possibles et que votre dé n'est pas truqué, la probabilité d'obtenir 2 est de $1/6$. Une chance sur 6. Ce qui signifie aussi que la probabilité de ne pas obtenir 2 est forcément de 5 chances sur 6. C'est ce qu'on appelle l'événement complémentaire. Maintenant, imaginons que vous lanciez le dé non pas une fois, mais bien 5 fois. La probabilité d'obtenir 2 une et une seule fois est de $(1/6)$ multiplié par $(5/6)$ élevé à la 4^e puissance. Ben oui, si vous avez obtenu une seule fois le 2, c'est qu'il y a 4 autres tirages où vous ne l'avez pas obtenu, d'où la présence de l'exposant 4. Mais attention, le 2, vous pouvez l'obtenir soit au premier essai, soit au 2^e essai, au 3^e, au 4^e ou même au 5^e. Ce qui signifie que vous devez multiplier le résultat précédent par 5. Donc,

Augmentons maintenant la difficulté d'un cran. On jette toujours le dé 5 fois et cette fois-ci, on va calculer la probabilité d'obtenir 3 fois (et seulement 3) le résultat 2. Selon la loi binomiale que je viens d'évoquer, vous devez effectuer comme calcul: $(1/6)^3 \times (5/6)^2$. Jusque-là, rien de bien difficile mais là où ça se complique, c'est qu'il ne faut pas oublier de multiplier ce résultat par le nombre de façons d'obtenir 3 fois le résultat 2 dans 5 tirages. Et là, c'est moins évident que dans l'exemple précédent. Il faut détailler les différentes possibilités. Heureusement, je l'ai fait pour vous et grâce au tableau [FIG 1], vous voyez immédiatement qu'il y a 10 façons d'obtenir 3 fois le résultat 2. Ici, j'ai recensé tous les cas «à la main» mais heureusement, il existe des formules mathématiques (voir encadré p.34) pour aller beaucoup plus vite. C'est une branche des mathématiques qu'on appelle la combinatoire. Mais quel est le rapport avec le surbooking ? Pas d'impatience: j'y arrive !

Y être ou ne pas y être

Pour faire simple, supposons qu'un avion dispose de 100 places et que la compagnie aérienne

1er tirage	2e tirage	3e tirage	4e tirage	5e tirage
2	2	2		
2	2		2	
2	2			2
2		2	2	
2		2		2
2			2	2
	2	2	2	
	2	2		2
	2		2	2
		2	2	2

[FIG 1]

nbre de voy.	probabilité
95	7,10%
96	11,25%
97	15,42%
98	17,94%
99	17,22%
100	13,08%
101	7,38%
102	2,75%
103	0,50%

[FIG 2]

nbre de voy.	bénéfice / perte	probabilité
≤ 100	600 €	89,37%
101	-200 €	7,38%
102	-1.000 €	2,75%
103	-1.800 €	0,50%

[FIG 3]

Maintenant, il reste une question importante: combien de places supplémentaires vendre ? Évidemment, plus la compagnie vend de places supplémentaires, plus elle engrange de bénéfices mais attention car il y a tout de même un risque non négligeable de 7,3% que 101 voyageurs se présentent. Et dans ce cas, il faut dédommager conséquemment le voyageur resté sur le carreau. C'est le risque à prendre pour la compagnie qui, normalement, accepte les règles du jeu.

🔗 Pour calculer le nombre de façons de choisir 3 éléments parmi 5 en considérant que l'ordre des éléments choisis n'a aucune importance, il suffit d'appliquer la formule: $C(3,5) = 5! / 3! \times (5-3)!$

décide de vendre 103 billets. En appliquant la loi binomiale, vous pouvez facilement calculer la probabilité que 101 voyageurs par exemple se présentent. Bien sûr, il faut d'abord connaître la probabilité qu'un voyageur soit présent. Mais c'est assez simple: les compagnies aériennes n'ont qu'à regarder les vols précédents et faire une moyenne. En 2016, EasyJet a déclaré que 2,6 millions de ses passagers ne se sont pas présentés pour leur vol. C'est loin d'être anecdotique puisque ça représente tout de même 3,5% des passagers. Ça signifie que sur un vol de 200 places, 7 voyageurs ratent leur avion. Certains pour de bonnes raisons, d'autres pour de moins bonnes. Ne riez pas, ça m'est encore arrivé ce mois d'août, j'ai confondu l'heure de départ avec l'heure d'arrivée !

Revenons à notre exemple: un vol de 100 places et une compagnie qui vend 103 billets en sachant, grâce à ses datas, qu'en moyenne, seulement 95% des passagers se présentent. Alors, la probabilité que 101 voyageurs se présentent est de 95% exposant 101 multiplié par 5% exposant 2. Le tout multiplié par le fameux coefficient qui égale ici 5253. Ainsi donc, la probabilité que 101 voyageurs se présentent est de 7%. Avec les mêmes calculs, on trouve que la probabilité que 102 passagers se présentent n'est que de 2% et celle que les 103 soient tous présents est seulement de 0,5%. En fait, en observant ce tableau [FIG 2], vous pouvez constater que la probabilité la plus importante est que 98 voyageurs se présentent. Et vous comprenez tout à coup pourquoi les compagnies aériennes ont décidé de faire du surbooking.

Une espérance... mathématique

Imaginons un vol dont le coût du billet est de 200 € et qu'en cas de surbooking, la compagnie le dédommage à hauteur de 800 €. Si la compagnie vend 103 billets alors, elle aura empoché 20 600 €. Si seulement 100 personnes ou moins se présentent, c'est bien joué. Elle aura vendu 3 billets en plus, soit un gain de 600 €. Et cette situation a exactement 89,3% de chances de se produire. C'est facile à calculer car il suffit de déduire de 100% la probabilité que 101, 102 ou 103 voyageurs se présentent. Mais attention, si 101 voyageurs se présentent, alors à cause du dédommagement, le bénéfice de 600 € se transforme en une perte de 200 €. Et ceci va se produire tout de même dans 7,3% des vols. Et pire, n'oubliez pas que 102 voyageurs peuvent se présenter avec une probabilité de 2,7%. Dans ce cas, la perte est encore alourdie et bascule de 200 à 1 000 €. Et si l'avion est exceptionnellement complet, c'est la déconfiture. Ce qui peut se produire, en moyenne, 0,5 fois sur 100. Très rare mais pas impossible du tout. Dans ce cas, la compagnie enregistrera une perte de 1 800 €.

Maintenant que nous avons décortiqué les 4 situations possibles en y associant les différentes probabilités [FIG 3], il suffit de rassembler tous ces résultats en un seul. C'est ce que les mathématiciens désignent sous le nom fabuleux d'espérance. Tout est dit dans le nom. Pour la calculer, il suffit de prendre chaque bénéfice (ou perte) et de le multiplier par la probabilité associée. On additionne ensuite tous les résultats obtenus et le tour est joué. Ainsi, dans notre exemple, il suffit de multiplier 0,89 par 600; 0,07 par -200 (puisque ce n'est pas un bénéfice mais une perte); 0,02 par -1 000 et 0,005 par -1 800. Et en additionnant le tout, on obtient... 484,69 €. BINGO ! Faire du surbooking en vendant 103 billets, c'est tout «bénéf» pour la compagnie aérienne. En moyenne, elle peut espérer un gain supplémentaire de 484 € à chaque vol.

De mieux en mieux ?

Mais 103 billets, c'était juste un exemple ! Peut-être que faire du surbooking avec 104 billets, c'est encore mieux ? Dans ce cas, l'espérance de gain est de 504,32 € à chaque vol ! Elle est pas belle la vie pour les compagnies ? Et si vous tentiez de mettre en vente 105 billets ? Pour le coup, l'espérance chute à 399,60 € car le nombre bascule a été atteint précédemment.

Bien évidemment, le modèle mathématique adopté par les compagnies aériennes est beaucoup plus fin. Ne fut-ce que pour déterminer le pourcentage des voyageurs qui se présentent pour leur vol. En réalité, celui-ci dépend des pays, des aéroports, des saisons mais aussi depuis combien de temps un voyageur a réservé son vol ! Il y a bien plus de chances qu'un voyageur ne se présente pas s'il a réservé son vol 3 mois à l'avance que si cette réservation a été effectuée 2 jours plus tôt. Cela dit, vu l'intervalle de temps entre les 2 réservations, vous avez comme moi que les 2 voyageurs n'auront pas payé le même prix pour le même billet. Mais ça, c'est encore une autre histoire ! 



Trêve de plaisanterie

Le rire n'est pas monolithique, mais protéiforme. Il revêt mille nuances. Souvent compagnon de route de l'humour, mais pas toujours, il s'inscrit tantôt dans la convivialité et la bienveillance, tantôt dans l'autodérision, tantôt dans le sarcasme, l'ironie, la moquerie. D'aucuns le disent thérapeutique, d'autres trouvent qu'il sombre aujourd'hui dans le politiquement correct ou encore qu'il se dévalue par son omniprésence dans les médias. Aussi est-il fondé de le présenter dans tous ses éclats...

TEXTE: PHILIPPE LAMBERT • PH.LAMBERT.PH@SKYNET.BE • WWW.PHILIPPE-LAMBERT-JOURNALISTE.BE
PHOTOS: ©ANTONIOGUILLEM - STOCK.ADOBE.COM (P.35), ©CANAL+/PHOTO 1 (P.38)

Contrairement à ce qu'avancait Rabelais, rire n'est pas le propre de l'homme. Cette propriété, c'est à l'humour qu'il faut l'attribuer et non à la réaction physiologique qu'il peut déclencher. Comme le précise le professeur Bruno Humbeeck, psychopédagogue à l'Université de Mons, directeur de recherche au Centre de Ressources Éducatives pour l'Action Sociale et auteur de plusieurs livres sur le rire, ce dernier existe chez divers animaux, dont les singes et les rats. Il rappelle que dans la Grèce antique, on distinguait à juste titre 2 formes de rire dont l'origine est très différente sur le plan phylogénétique: le *gelan* et le *catagelan*. Le premier, positif, convivial, nous vient des singes juvéniles, chez qui il ne s'exprime que dans des contextes sécurisants, ludiques et créateurs de liens bienveillants. C'est dans les mêmes conditions que ce rire se manifeste chez l'être humain.

«Le chatouillement constitue un bon exemple pour décrire quand peut éclore ce type de rire, indique Bruno Humbeeck. Si un inconnu cherche à vous chatouiller, jamais vous n'allez rire, le contexte n'étant pas sécurisant. Si votre partenaire a l'idée saugrenue de vous chatouiller en pleine scène de ménage, vous ne rirez pas non plus, car le contexte n'est pas ludique. Quant à l'autochatouillement, il aboutit au même résultat parce qu'il est étranger à la création d'une relation bienveillante.»

Le *gelan* est un ciment social. L'autre rire, le *catagelan*, vient du rictus menaçant des grands singes. Dans un zoo, il suffit de lancer son poing en direction des chimpanzés pour les voir retrousser leurs lèvres et montrer leurs dents. Il s'agit d'une mimique de domination à laquelle recourent les singes lors de la défense de leur territoire ou de tentatives d'appropriation de celui d'un congénère. Chez l'Homme, le *catagelan* tient de la moquerie, de l'ironie, du sarcasme. Quand Donald Trump rit, lèvres serrées, regard acéré, il illustre à merveille ce rire issu d'une moquerie jugée drôle par ses seuls partisans, lesquels partagent avec lui la même cible à blesser, ridiculiser, abattre. «Dans le harcèlement, la moquerie qui suscite le rire des spectateurs fait particulièrement souffrir la victime parce qu'elle se sent alors l'objet d'une agressivité partagée», commente le professeur Humbeeck. La frontière est parfois ténue entre l'humour et la méchanceté. Surtout dans le cadre d'agressions camouflées par l'humour, ainsi que le souligne le psychiatre belge Christophe Panichelli. On se





dédouanera en arguant que «c'était pour rire» et que l'autre, la cible, si elle le « prend mal», n'a pas le sens de l'humour

Maladresses humoristiques

Le psychologue canadien Rod Martin postule l'existence de 4 formes d'humour :

- l'humour associatif : on rit en groupe et cela resserre le lien social;
- l'humour autogratifiant, où l'on essaie de toujours voir la vie du bon côté même lorsqu'on est plongé dans d'importantes difficultés;
- l'humour agressif, fait de sarcasme, de cynisme ou de moqueries, où l'on rabaisse ou ridiculise l'autre pour asseoir sa domination;
- enfin, l'humour autodénigrant, où l'on livre des détails sur soi qui rendent ridicule, le but étant de plaire aux autres, d'être reconnu par eux quitte à écorner ou salir son image.

Selon Rod Martin, les 2 premières formes d'humour sont saines et les 2 dernières, inadaptées. Autrement dit, à la lumière de la classification établie par les Grecs, les premières s'inscrivent dans le *gelan*, les autres, dans le *catagelan*. D'après le professeur Humbeeck, l'humour autogratifiant ne doit cependant pas être appréhendé comme une forme d'humour particulière, dans la mesure où, quelle qu'en soit la nature, l'humour se veut toujours autogratifiant. «C'est un instrument de jubilation et de prise de pouvoir par rapport aux autres», dit-il. L'humour autogratifiant englobe donc toutes les facettes de l'humour et, dès lors, peut relever tantôt du *gelan*, tantôt du *catagelan*.

Rod Martin a associé des traits de personnalité aux formes d'humour qu'il a répertoriées. Pour lui, l'humour associatif et l'humour autogratifiant, concept contestable dans la présentation qu'il en propose, nous venons de le voir, émaneraient de personnes ouvertes, équilibrées et possédant une bonne estime de soi. L'humour agressif serait le propre d'individus manquant d'empathie et mus par un narcissisme exacerbé. Quant à l'humour autodénigrant, il caractériserait des personnes en quête de reconnaissance, dont certaines sujettes à des troubles anxieux ou dépressifs.

Bruno Humbeeck émet des réserves à propos de ces relations de concordance. À ses yeux, il est plus judicieux d'associer l'humour pratiqué avec des contextes plutôt qu'avec des traits de personnalité. «Si l'humour d'une personne narcissique tend quasi systématiquement vers la moquerie, le sarcasme, l'ironie, il arrive que

quelqu'un de bienveillant se laisse aller à des maladresses humoristiques, indique-t-il. Ainsi, beaucoup d'enseignants se paient la tête de certains étudiants. Sont-ils nécessairement narcissiques pour autant ? Non, ils se trouvent dans une situation qui galvanise leur sentiment de pouvoir, une impression de puissance qui va les mener à quelques indécidables.» Et d'ajouter : «L'humoriste Philippe Geluck est connu comme quelqu'un de bienveillant. Pourtant, il a sorti un jour une blague que lui-même n'a pas cautionnée rétrospectivement. Qu'avait-il dit ? Que quand un enfant meurt à la naissance, on économise un timbre parce qu'on peut envoyer en même temps les félicitations et les condoléances. La plupart des gens en ont souri. Mais pas les parents qui ont vécu de tels drames. La blague a blessé. Toutefois, elle n'émanait pas pour autant d'une personne agressive ou narcissique.»

Sabotage systématique

En réalité, il n'appartient pas à l'«émetteur» d'une plaisanterie de juger si elle ressortit à l'humour convivial ou à la moquerie, mais au «récepteur», lequel, en fonction de la manière dont il la perçoit, est en mesure de déterminer si, oui ou non, il s'agit d'humour au sens noble du terme. Bruno Humbeeck cite l'exemple du film *OSS 117: Alerte rouge en Afrique noire*, avec Jean Dujardin et Pierre Niney. Nous sommes au cœur d'une parodie où l'on est censé «rire du Blanc qui rit du Noir». Toutefois, le psychopédagogue fait remarquer qu'on marche sur une corde raide. Le film étant écrit par un Blanc et principalement interprété par des acteurs blancs, on a parfois l'impression qu'on continue à rire des Noirs, dont les pays sont présentés comme immanquablement mal gérés, aux mains d'une démocratie de pacotille, etc. Comment les Africains ressentent-ils cet humour ? En tant que «récepteurs», ce sont eux les seuls à même d'en définir la tonalité réelle.

En filigrane se pose la question de l'autodérision qui transparaît aussi, avec d'autres reflets, à travers la forme d'humour que Roy Martin qualifie d'humour autodénigrant. Selon les psychologues, il ne fait aucun doute que l'autodérision n'est accessible qu'aux individus disposant d'une estime de soi très stable. Sinon, elle conduit à un sabotage systématique comme dans le cas de l'humour autodénigrant. Bruno Humbeeck évoque l'exemple d'une jeune fille harcelée parce qu'elle était en léger surpoids. Elle inventa une chanson dans laquelle elle s'était baptisée Boulette et la remit à ses harceleurs. En se moquant d'elle-même, elle espérait désamorcer les moqueries des autres. «En fait, l'autodérision l'a amoindrie, entraînée dans un affaïssement complet de soi», rapporte le professeur Humbeeck.

D'aucuns pratiquent l'autodérision en permanence. Et d'autres en font autant avec l'humour en général, comme s'il s'agissait d'une seconde nature. Ainsi que le fait remarquer le psychiatre français Jean-Christophe Seznec, «*le danger, c'est de rester dans l'évitement permanent et donc de ne pas donner à autrui ce que l'on est*». Il parle métaphoriquement d'un costume dans lequel on est bien seul, les autres n'aimant alors que notre image et non qui nous sommes fondamentalement. «*Les personnes concernées ont développé un faux self, c'est-à-dire un soi qui permet de se défendre des agressions, de ne pas révéler qui l'on est. Mais si l'on ne parvient pas à s'en départir, on en essuie les conséquences. Le socle sur lequel on peut fonder sa solidité psychologique est l'authenticité et non le fait d'être drôle ou pas*», commente Bruno Humbeeck.

Espaces sacrés

On dit souvent que l'on peut rire de tout, mais pas avec n'importe qui. Le psychopédagogue de l'UMons tient à nuancer cette assertion. Pour lui, on peut rire de tout, mais pas dans n'importe quel contexte. Il y a des espaces sacrés dans lesquels le rire est malvenu. Il explique que, de nos jours, les églises sont des espaces désacralisés. «*Pour provoquer un fou rire, il suffit d'aller dans l'une d'elles avec des adolescents et de leur dire: «Le premier qui rigole, qu'il fasse gaffe !» Par contre, un fou rire dans une mosquée est impensable, car l'espace reste sacré. De même, rire à un enterrement est directement sanctionné socialement. La question n'est donc pas de savoir avec qui l'on rit, mais dans quel contexte. Celui-ci doit ouvrir un espace ludique, bienveillant et créateur de liens.*»

Anthropologue et sociologue, David Le Breton, professeur à l'Université de Strasbourg, estime que le rire est protéiforme. Le plus souvent, il est considéré comme le compagnon de route de l'humour, mais il peut également être celui de la détresse, du soulagement, de la timidité, de la nervosité, du sentiment de supériorité... Autrement dit, il peut éclore dans de multiples circonstances en lien avec un contexte particulier. Il existe par ailleurs des formes de rire pathologiques. Ainsi, certaines personnes rient de façon incontrôlée, sans motivation apparente, ou dans des situations où aucun élément contextuel n'est de nature à faire rire d'autres individus. Il s'agit d'un trouble neurologique parfois décrit comme l'expression d'un syndrome pseudo-bulbaire, qui se caractérise notamment par des rires ou des pleurs incontrôlables sans rapport avec la situation du patient. Il n'affecte pas les émotions en soi, mais leur expression. Tout autant que la gaieté, la tristesse, par exemple, peut susciter le rire chez les individus qui en souffrent. Le professeur Humbeeck cite

aussi le rire sardonique, que l'on rencontre entre autres dans les démences séniles, où le patient émet un rire sans lien avec le réel. «*C'est un rire un peu grinçant qui est bien connu dans les hôpitaux psychiatriques*, dit-il. *Pas un fou rire, mais un rire fou.*» Dans certains cas, le rire pathologique est envisagé comme la manifestation d'un trouble obsessionnel compulsif (TOC). Il a alors pour but de réduire l'anxiété car il favorise le lien social, mais il peut devenir accaparant, relever d'une mécanique inconsciente qui le fait émerger sans que le sujet puisse en empêcher la manifestation, comme quand il y fait systématiquement appel pour ponctuer chacune de ses réflexions.

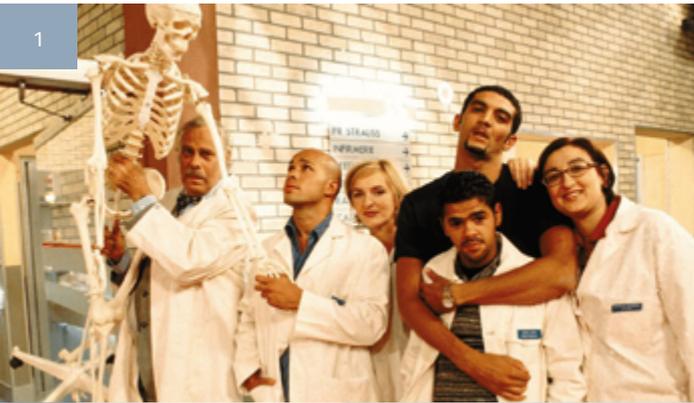
À propos de l'autodérision, le professeur Humbeeck, énonce un constat assez singulier, du moins à première vue: les pays où celle-ci est bien ancrée dans l'humour national possèdent un produit intérieur brut élevé. Ce dernier serait-il le moteur d'une bonne «*estime de soi nationale*» ?...

Sanction sociale

Sortons de la pathologie, mais parlons néanmoins de contagiosité. Pourquoi le rire est-il réputé contagieux ? Et d'ailleurs l'est-il vraiment ? Il faut nuancer le propos, tout dépend à nouveau du contexte. Une personne vivant un deuil douloureux n'aura pas envie de rire en voyant d'autres personnes s'esclaffer; elle ressentira même peut-être de l'agacement, voire de la colère. Pour que la contagiosité opère sur un individu, le prérequis est qu'il se trouve dans un état qui le prédispose à rire, bref, nous y revenons, un contexte ludique, relationnel bienveillant et sécurisant. Quant au potentiel de contagion du rire, il s'expliquerait, écrivait la psychologue Romina Rinaldi (UMons) dans le magazine français *Le Cercle Psy*, «*par l'existence, au niveau cérébral, de circuits dédiés exclusivement à la gestion de ce type de vocalisations, des "détecteurs" capables de stimuler les séquences motrices du rire chez la personne qui écoute.*» «*Un peu comme les réseaux de neurones dits "miroirs", s'activant à la fois quand la personne fait quelque chose ou observe cette action chez autrui*», ajoutait-elle.

Dans une interview accordée au *Cercle Psy* en 2020, David Le Breton soulignait que notre époque cultive une grande ambivalence à l'égard du rire. D'une part, «*il s'inscrit à l'intérieur d'un politiquement correct terrifiant*» où, d'après lui, «*on s'interdit de rire à propos de toute une série de populations qui étaient autrefois l'objet*





1



2

H ou La Grande Vadrouille ?

L'humour a des invariants qu'on retrouve dans toutes les cultures et à toutes les époques: on a toujours ri du sexe, de la mort et de l'incertitude qui plane autour d'eux. Il n'empêche que la façon d'aborder ces sujets à travers le rire est fonction du contexte social propre à chaque époque. Au Moyen Âge, par exemple, où la mort était omniprésente, le rire rabelaisien, le rire de ventre, était plus débridé qu'aujourd'hui. De nos jours, il tend d'ailleurs à heurter. Néanmoins, certains humoristes le pratiquent encore, tel Jean-Marie Bigard. Selon Bruno Humbeeck, si ce dernier peut se le permettre, c'est parce qu'il subsiste une «meute» qui continue à rire de tout et de n'importe quoi. «*Dans un autre registre, les blagues sur les blondes tiennent aussi de cet "humour de meute" qui, en l'occurrence, vise à perpétuer la domination masculine*», indique le chercheur. Il y a quelques années, une étude fut réalisée à l'Université de Mons au départ d'une série télévisée intitulée *H*, avec Éric et Ramzi, où l'on se moquait de l'hôpital (voir photo 1 ci-contre). Il apparut qu'elle faisait beaucoup rire les adolescents, mais que leurs parents la jugeaient stupide. «*Par contre, c'est l'inverse pour La Grande Vadrouille* (voir photo 2 ci-contre), précise Bruno Humbeeck. *Chaque génération parodie ce qui a angoissé la précédente. Marx ne disait-il pas en substance: "L'histoire repasse toujours deux fois les plats, sous forme de tragédie puis sous forme de comédie" ?* »



traditionnel du rire; non un rire de mépris, évidemment condamnable, mais davantage un rire de connivence.» D'autre part, il existerait une sorte d'injonction à rire de tout le reste, tout le temps, à telle enseigne que David Le Breton assimile les animateurs télé à des «plaisantateurs». Exemple caricatural: Cyril Hanouna. Dans cette mouvance, tout est basé sur des vannes que s'envoient le présentateur et ses invités. Le rire en devient omniprésent et est frappé de banalité.

Pour le professeur Humbeeck, l'humour actuel ne fait pas nécessairement dans le politiquement correct. À ses yeux, il peut même parfois s'avérer très politiquement incorrect, mais dans des domaines ciblés. Vu l'évolution sociétale, la marge de manœuvre est plus restreinte. En effet, certains sujets réintègrent des espaces sacrés, donnant lieu ainsi à des tabous. En particulier, les sujets relatifs aux questions identitaires. «*Les identités ne sont plus binaires, elles deviennent flottantes*, dit Bruno Humbeeck. *Se moquer des homosexuels en se référant à une identité binaire "homme ou femme" contrariée n'apparaît plus comme drôle, mais comme ringard. De même, Michel Leeb imitant l'accent des Noirs dans une émission radio se ferait immédiatement brocarder sur les réseaux sociaux. Cette forme d'humour est ringardisée aujourd'hui et c'est essentiellement pour cette raison qu'elle ne passe plus sur les médias. À mon sens, cela ne tient pas de la censure. Si le public ne rit pas de vos plaisanteries parce que l'humour a évolué, vous essayez une sanction sociale qui n'est pas de la censure, mais qui vous pousse à vous autocensurer.*»

Reste que certains se retrouvent devant les tribunaux. Dans ce cas, la sanction est institutionnalisée, coulée dans la loi, parce que le type d'humour qu'ils pratiquent engendre de la violence dans l'espace social. D'aucuns y voient, à tort ou à raison, une restriction à la liberté d'expression et ont le sentiment qu'«on ne peut plus rire comme avant». Pour le professeur Humbeeck, une société multiculturelle comme la nôtre serait invivable si l'on continuait à autoriser l'humour raciste, par exemple. Un constat qui, selon lui, va bien au-delà de la question de la censure. 

En savoir



Pour en savoir plus

Bruno Humbeeck et Maxime Berger, *L'humour pour aider à grandir*, Éditions Mols, 2008.

Bruno Humbeeck, *Leçons d'humour*, Éditions Mols, 2017



Qui est-ce ? Stella BARÜK

TEXTE : JACQUELINE REMITS - JACQUELINE.REMITS@SKYNET.BE
PHOTOS : @MAGALI DELPORTE /TITRE (P.39)

J'étudie au lycée français. Un de mes professeurs m'encourage à opter pour les maths pour qu'il n'y ait pas que des garçons dans ses cours ! À 16 ans, je veux devenir psychiatre. Mais à cette époque, les études de médecine ne sont pas une option pour une fille. Je m'oriente alors vers l'enseignement des mathématiques. Pendant 3 ans, je fréquente le *Centre d'études mathématiques* de Beyrouth.

Je suis...

Comme j'ai l'habitude de le dire, née en français dans une famille juive en Iran. Mon père est originaire de Turquie, ma mère de Palestine. Mes parents se sont rencontrés durant leurs études en France où ils s'imprègnent de cette culture. Enseignants à l'*Alliance israélite universelle*, ils sont affectés en Iran afin d'apporter un enseignement en français aux enfants juifs d'Orient. Ils m'infusent cette langue que je reçois comme un cadeau. J'en profite bien, le français non seulement m'accompagne, mais il me nourrit. J'apprends les grands classiques. Comme je l'ai dit au magazine suisse *Général Plus* d'octobre 2019, «*les conversations de mes parents sur leurs lectures m'épanouissent précocement. Je n'ai aucun souvenir d'avoir appris à lire ou à compter. Cela s'est fait presque naturellement. Quant à la pédagogie, je l'ai sucée avec le lait.*» À Alep, en Syrie, où mes parents sont nommés, je passe mon certificat d'études avec 2 ans d'avance, à 9 ans. On me considère comme un prodige. J'ai 12 ans quand nous partons habiter à Beyrouth, au Liban, où

À 20 ans, je pressens que je me sentirai à l'étroit au Liban et m'envole vers Paris avec la ferme volonté de gagner ma vie comme enseignante et de prendre des cours de chant, mon autre passion ! Mais la vie en décide autrement. Je rencontre un homme, je l'épouse et deviens mère de 2 enfants, un garçon et une fille. Impossible de tout concilier. Si je dis adieu à mes rêves de chanteuse lyrique, je continue d'enseigner les mathématiques dans des collèges et lycées privés, puis dans un Institut médico-pédagogique (IMP) où je suis confrontée à l'échec scolaire des élèves. Dès lors, je prends en considération les difficultés liées à l'enseignement des maths et je m'attèle à développer de nouvelles méthodes. Au plus fort de la réforme des maths modernes en France, je suis invitée à proposer mes analyses. Je dénonce sans relâche l'obsession de la note au détriment de la possibilité et du plaisir de comprendre. Mon souhait est que les élèves ne soient pas notés avant le niveau de CE2, qui correspond à la 3^e primaire en Belgique. De même, à quelque niveau que ce soit, toute interrogation sur un nouveau cours ne devrait pas être notée dans



CARTE D'IDENTITÉ

NAISSANCE: 1932 à Yazd (Iran)

NATIONALITÉ: Française

SITUATION FAMILIALE: Mariée, 2 enfants

DIPLÔME: Centre d'études mathématiques de Beyrouth

CHAMPS DE RECHERCHE: Pédagogie des mathématiques

DISTINCTIONS: Chevalier de la Légion d'honneur (2008), officier de la Légion d'honneur (2016)

une 1^{re} phase. Selon moi, ce retour apporté par les élèves sur un premier contact avec une notion nouvelle est riche pour l'enseignant de ce qui est passé, ou non, de son propre travail et lui permet de réagir en conséquence. Je dénonce également les remarques blessantes auxquelles sont parfois confrontés des élèves en situation d'échec. Cela les incite à ne plus exposer leur intelligence pour ne plus recevoir ces blessures. Je démarre mes travaux de recherche sur l'enseignement des

maths. J'en appelle à une révolution douce de cet enseignement où l'erreur ne serait plus une faute, la remédiation plus un objectif. Il y a mieux à faire que réparer les enfants, c'est ne pas les abîmer.

À cette époque...

L'année de ma naissance, en 1932, est celle de l'élection du démocrate Franklin D. Roosevelt à la présidence des États-Unis. Vingt ans plus tard, en 1952, quand j'arrive en France, c'est au tour de Dwight D. Eisenhower, démocrate également, d'être élu président de la nation américaine. En 1973, quand je publie *Échec et Maths*, l'accord de cessez-le-feu au Viêtnam est enfin signé le 27 janvier à Paris, entre le Viêtnam du Nord et les États-Unis. Pour le peuple américain, le bilan est lourd. La même année, en France, Picasso succombe à un arrêt cardiaque dans sa propriété de Mougins à 91 ans. En 1992, quand sort mon *Dico des maths*, le parc *Euro Disney* est inauguré à Marne-la-Vallée tandis que les Jeux Olympiques s'ouvrent à Barcelone le 25 juillet.

J'ai découvert...

Depuis mon premier livre, je n'ai cessé de démontrer qu'il n'y a pas d'unique raison à l'échec en maths, il y a des raisons. J'ai mis en évidence le rôle de l'erreur, un puissant outil d'analyse d'une situation très complexe, à la fois de ce qui a été compris par l'élève à la place de ce que l'on voulait qu'il comprenne et de la spécificité du savoir mathématique, de la façon dont il a été proposé, des relations entre langue ordinaire et langue de savoir. Si ce travail de débroussaillage se réalisait à chaud en classe, sans jugement porté sur les aptitudes des élèves, mais dans un souci d'efficacité, alors l'échec scolaire des élèves pourrait être évité. Selon moi, à force de ne pas élucider les raisons des erreurs des élèves, de ne plus comprendre ce qu'ils écrivent, ils deviennent des sortes d'«automathes», reproduisant mécaniquement des expressions mathématiques, tout en ayant renoncé à leur attribuer du sens. Pour moi, analyser les erreurs des élèves en classe et avec eux est donc d'une importance capitale, et non un effet de mode ou de volonté de bienveillance. De cette manière, l'enseignant découvre les ambiguïtés d'une langue supposée pure et qui ne l'est pas, et la nécessité de construire du sens à partir de ce que les élèves savent et ne savent pas. Dans cette perspective, le travail sur l'erreur fait partie intégrante du processus d'appropriation du savoir. 

SAVIEZ-VOUS QUE...

Dans son premier ouvrage, *Échec et maths (Seuil, 1973)*, Stella Baruk relate son expérience de professeure dans un Institut médico-pédagogique (IMP) où lui sont confiés des enfants en «inappétence» scolaire. S'occupant de jeunes élèves de primaire qu'elle aide individuellement, elle ne s'intéresse pas tant aux malentendus qu'aux «autres entendus» de l'élève. Pour elle, ce n'est pas qu'un élève ne comprend pas, c'est qu'il entend autre chose. Cette réflexion interroge le langage et le sens qui lui est attaché et doit être, selon elle, au cœur même de l'enseignement des maths. Le retentissement de cet ouvrage produit de grands changements dans sa vie. Invitée dans la plupart des pays francophones pour transmettre son positionnement pédagogique, elle donne des conférences, assure des formations d'enseignants, propose ses méthodes pour l'enseignement des mathématiques à l'école primaire, en France et en Nouvelle-Calédonie. Elle écrit d'autres livres de pédagogie des mathématiques, dans une perspective de vulgarisation scientifique.

Stella Baruk a écrit *L'âge du capitaine - De l'erreur en mathématiques (Seuil, 1985)* quand elle s'est rendu compte que des élèves pouvaient ne pas comprendre la farce d'un énoncé comme «Sur un bateau, il y a 26 moutons et 10 chèvres, quel est l'âge du capitaine ?». « À ce problème insensé posé en 1980 à des élèves du primaire, 78% d'entre eux ont répondu en ajoutant 26 à 10 », comme elle l'a dit à *Génération Plus* et ailleurs. Comprenant la nécessité d'écrire un essai sur la question du sens dans l'enseignement des maths, elle sort ce livre qui sera un succès de librairie et lui vaudra la reconnaissance de pédagogues.

Pour elle, si tant d'enfants considèrent le langage mathématique comme du «chinois», n'est-ce pas parce que les mots français pour dire les maths ne sont pas adaptés ? Cette nécessaire distinction entre le langage courant et le langage mathématique la décide à se lancer dans un chantier monumental qui la tiendra en haleine durant 14 ans. La parution de son *Dictionnaire de mathématiques élémentaires (Seuil, 1992, réédité en 2019)*, premier du genre, fera date. Au total, 507 articles offrent un capital de connaissances claires et intelligibles et intègrent les questions que les enfants peuvent se poser. Un outil précieux pour de nombreux professeurs. Son autobiographie, *Naître en français (Gallimard, 2006)*, est une véritable déclaration d'amour à langue de Molière dans laquelle elle baigne depuis toujours.



Le Web en 2022: ce sera quoi ?

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 : OLIVIER SAIVE

Ahhh ce fameux monde parallèle du Web... Voilà 32 ans maintenant, depuis qu'Internet est accessible au grand public, que nos vies sont en équilibre incertain entre le monde réel et le monde virtuel. Au début des années 1990, nous étions seulement quelques millions d'humains à utiliser cette nouvelle technologie; en janvier 2022, nous sommes 4,95 milliards (pour une population mondiale de 7,87 milliards, selon les prévisions de l'ONU). Il est devenu rare aujourd'hui de ne pas l'utiliser au quotidien. Et depuis quelques années, le Web est plus que jamais au cœur de notre société, autant révélateur d'inégalités qu'accélérateur d'innovations. Il faut dire qu'en termes de nouveautés, le Web ne nous a jamais déçus ! Elles semblent infinies. À quoi devons-nous nous attendre pour cette année ? Découvrons-le ensemble.

Le Web 3.0

Le Web 3.0 est un Internet beaucoup plus intelligent, un «web sémantique», plus efficace, offrant davantage de contrôle sur nos données personnelles et un plus grand respect de la vie privée (voire de l'anonymat). Il est pensé selon 3 axes :

- **l'indépendance**: les données disponibles sur le Web doivent être consultables et utilisables par tous et sur tous supports numériques;
- **l'universalité**: les données doivent être libérées de tout système d'exploitation (marque, fabricant de logiciel ou de matériel);
- **l'accessibilité des données** en conformité avec les directives du W3C (*The World Wide Web Consortium* - <https://www.w3.org>).





2021, quand les services de *Facebook* tombent en panne, c'est l'ensemble du Web qui semble touché...

Nous sommes également en droit de nous poser la question des données et de l'information que ces géants véhiculent. Depuis 2017, il n'est pas rare que la Commission Européenne pointe les nombreuses «fake news» largement diffusées sur *Facebook*. La désinformation se propage très vite, peut avoir de graves conséquences et provoque l'inquiétude, voire l'irritation, des pouvoirs publics. Plus qu'un avertissement, c'est surtout une mise en garde, afin que *Facebook* et l'ensemble des GAFAM soient garants de la libre circulation des informations transitant par leurs systèmes et qu'ils modèrent et signalent les informations dites à risque. Un choix cornélien quand on sait que les revenus de ces sociétés sont entièrement liés à la publicité et à l'algorithme se préoccupant plus de la viralité d'une information, plutôt que de sa véracité.

Le monde du travail en mutation

La crise sanitaire actuelle a réellement bousculé le monde professionnel. Le télétravail est devenu la norme, avec ses limites et ses bienfaits. Beaucoup de salariés ont trouvé un meilleur équilibre entre vie privée et professionnelle. D'autres ont changé de lieu de vie, n'étant plus contraints de vivre à proximité de leur lieu de travail. En parallèle, les entreprises ont pris conscience des bénéfices: gains de productivité, diminution des coûts liés à l'immobilier d'entreprise... Autre tendance, la crise a déclenché chez de nombreux salariés une envie de changer de métier, de suivre leur voie en redéfinissant leurs priorités et en entamant un changement de vie.

En quoi le Web participe-t-il à cette révolution du monde professionnel ? Grâce aux outils numériques qui nous permettent de travailler à distance !

- *Microsoft Teams, GoToMeeting, Google Meet, Zoom, Join me, Webex, Whereby...*: toutes ces applications de vidéoconférence nous connectent à nos collègues, nos clients, nos prospects,...
- *Asana, Google Drive, Slack, Trello...* permettent de travailler en équipe, de gérer et de suivre des projets à plusieurs.

Certaines entreprises ont fait le pari de développer leur propre application/outil de gestion et d'organisation correspondant à leurs besoins. Le tout relié à Internet afin d'établir la connexion.



Qu'est-ce que le «Web sémantique» ? Tim Berners-Lee, directeur du W3C, qu'il a lui-même créé, travaille sur cette notion depuis 1994. Le Web sémantique est présenté comme une extension du Web qui le transformerait en un espace d'échange de documents permettant aux ordinateurs d'accéder à leurs contenus et à effectuer des raisonnements. L'idée est d'aboutir à un Web intelligent, où les informations ne seraient plus stockées mais comprises par les ordinateurs, pour apporter à l'utilisateur ce qu'il cherche vraiment.

Un Web plus libre donc, ce qui nous fait nous poser la question: n'est-ce pas déjà le cas ? Au fur et à mesure de l'évolution du Web, son utilisation grand public s'est resserrée autour d'une poignée d'acteurs. Cinq géants mondiaux se sont imposés dans l'espace numérique: *Google, Apple, Facebook, Amazon* et *Microsoft*. Les fameux GAFAM. Aujourd'hui, nous définissons le Web et sa dynamique au travers des services «restreints» de ces 5 acteurs. Nous l'avons expérimenté en

Les cryptomonnaies

En 2021, l'ensemble des transactions effectuées en cryptomonnaies s'est élevé à 15,8 trillions de dollars. Les cryptomonnaies ou monnaies numériques ont le vent en poupe. En 2021, le téléchargement de l'application d'échanges de cryptomonnaies *Coinbase* a dépassé celui de *TikTok* et *Youtube* sur l'*App Store* d'*Apple*.

Certains considèrent que cette technologie pourrait changer le monde, imaginant le bitcoin comme un bouclier contre l'inflation, permettant de créer de nouvelles économies et offrant une liberté financière aux personnes qui n'ont pas accès aux services bancaires. Beaucoup de grandes entreprises cherchent aujourd'hui à intégrer les cryptomonnaies dans leur développement.

Mais toute médaille a un revers: aujourd'hui l'empreinte écologique des cryptomonnaies est massive ainsi que leur popularité auprès des cybercriminels. Les transactions illégales auraient représenté 14 milliards de dollars en 2021, avec des vols ou des arnaques. Ce secteur manque cruellement de régulation, le *FMI (Fonds Monétaire International)* a d'ailleurs appelé à une régulation mondiale.

Plusieurs secteurs en particulier sont liés à l'utilisation des cryptomonnaies: celui des jeux vidéo, de l'Intelligence Artificielle et de l'art numérique.

Le Métavers

Nous l'avons déjà abordé dans notre dernier article sur le géant *Facebook*. Notamment, depuis que la maison mère de *Facebook* s'est renommée «*Meta*», afin de focaliser ses développements autour du concept.

Le métavers est le monde virtuel. Un univers complet seulement accessible en ligne, en dehors du monde physique et de la vie réelle. C'est clairement l'évolution majeure des années à venir, même si aujourd'hui, il est encore très complexe de définir le concept, tant il est étendu. Une évolution des technologies reste encore à venir: celle des casques de réalité virtuelle et augmentée, des mondes virtuels en devenir, des prochaines avancées de l'intelligence artificielle,... Dont l'une est le *neuromining* ou l'intelligence artificielle comportementale. Grâce à l'IA, nous comprenons, analysons et reproduisons la voix et la vision humaines. Grâce au *neuromining*, nous ajoutons à tout ceci l'analyse et la compréhension des comportements humains, dans le but de reproduire nos comportements dans le monde virtuel et offrir ainsi un service d'immersion

totale. Nous ne surferons plus sur Internet, nous en ferons partie intégrante. Ce qui prémédite un terrain de jeux infini de créativité publicitaire pour les marques et les influenceurs...

Les NFT

Les NFT, abréviation du terme anglais *Non Fungible Token*, sont des jetons numériques uniques. Comme le bitcoin qui est la version numérique de la monnaie, les NFT sont la conversion numérique d'œuvres d'arts et de collections virtuelles. À la différence cependant des cryptomonnaies classiques, qui sont des actifs fongibles (qui peuvent être substitués ou échangés contre un autre actif identique et de valeur équivalente), les NFT sont des certificats d'authenticité qui utilisent aussi la technologie *blockchain* (permettant de stocker et d'échanger de la valeur sur Internet sans intermédiaire centralisé) pour prouver la propriété et la rareté des actifs numériques. Les possibilités des NFT sont infinies. Aujourd'hui, c'est le secteur du jeu vidéo (85 milliards de dollars) qui semble être le plus prometteur pour les NFT, mais également tous les domaines du métavers.

Que pourrait apporter les NFT à l'art ? Les œuvres d'art traditionnelles sont uniques, d'où leur grande valeur, mais elles peuvent cependant être reproduites, volées, abimées,... Les NFT permettent aux œuvres d'arts numériques - on parle ici d'œuvres dématérialisées, c'est à dire sous forme de fichiers informatiques - d'avoir un certificat digital unique, impossible à falsifier, grâce à la *blockchain*.





Le 11 mars 2021, *Beeple*, l'artiste numérique Mike Winkelmann, vendait une œuvre d'art sous forme de NFT à 69 millions de dollars lors d'une vente aux enchères chez *Christie's*. Aucune transaction physique n'a eu lieu, l'œuvre numérique est un fichier GIF. Le 19 février 2021, un GIF animé de l'artiste Nyan Cat a été vendu plus d'un demi-million de dollars aux enchères.

N'importe quel fichier numérique peut être concerné par les NFT, pas seulement les œuvres d'art. Cela pourrait être des billets pour des événements, des vidéos de temps forts dans le milieu du sport ou du cinéma et même des *tweets*: le fondateur de *Twitter*, *Jack Dorsey*, a vendu son 1^{er} tweet de cette façon pour 2,5 millions de dollars. Chaque NFT a un identifiant unique, infalsifiable.

Le e-commerce

Difficile de s'en passer aujourd'hui. Heureusement, le e-commerce prône désormais le «consommer mieux», le local et cherche à valoriser les initiatives écologiques. On assiste également au boom du re-commerce, le nom du commerce en ligne de seconde main qui tend à se démocratiser.

L'expérience client authentique va progressivement prendre sa place sur la plupart des sites de commerce en ligne, comme c'est déjà le cas pour *Amazon*, *La Redoute* ou *Zalando*. Les visuels authentiques priment également. Les produits sont dorénavant largement commentés par les consommateurs eux-mêmes qui ajoutent photos, vidéos, avis et prise en main des produits.

Les services clients quant à eux innovent grâce notamment à l'utilisation massive des systèmes de visioconférence, il n'est plus rare aujourd'hui qu'un service à la clientèle propose un rendez-vous en visio, en *chatbot* vocal ou envoie un message vocal, ce qui rend le contact beaucoup plus personnalisé.

Dans les prochaines années, nous allons également voir émerger les paiements instantanés en 1 clic, notamment en ce qui concerne la publicité télévisuelle. Ces applications existent déjà et cette technologie est même désormais intégrée à certaines «SMART TV» mais n'est pas encore répandue. Il s'agira, lorsqu'on regarde une pub, de pouvoir scanner le produit via une application sur son smartphone. Cette innovation pourrait être poussée plus loin, dans des séries ou des films, en donnant la possibilité de pouvoir acheter un produit qui passe à l'écran: vêtement, accessoire,... en dehors des publicités traditionnelles que nous connaissons.

La conquête de l'Espace

Quel lien avec le Web ? Deux géants s'affrontent sur le sujet: *Amazon* avec son projet *Kuiper*, et *Tesla* avec *Starlink*. Leur objectif: lancer des milliers de satellites en orbite terrestre basse situés à 550 km de la Terre, afin d'apporter un Internet haut débit aux 4 coins de la planète, là où la 5G et la fibre optique n'arriveront jamais. Ce grand déploiement suscite déjà de vives inquiétudes. *Amazon* compte placer 3 200 satellites avant 2026. *Tesla* en a déjà placé 1 300 sur les 4 400 prévus. Il semblerait que ce type de projets comporte des risques de collision avec les vaisseaux spatiaux, ainsi qu'une multiplication des déchets spatiaux liés, susceptibles également de perturber le travail des astronomes. À suivre donc...

Le Web fait partie intégrante de notre vie et ses innovations semblent infinies. Parfois même, elles nous dépassent. Chacun est en droit de se demander quelle est, aujourd'hui, la proportion de vie réelle et de vie connectée qui composent notre vie. Faites l'exercice et n'hésitez pas à nous faire part de vos réflexions au fil du Web en nous envoyant un mail à contact@easi-ie.com



Conformérie et mésomérie

À la suite de rotations de certains atomes autour de liaisons simples carbone-carbone, il peut arriver que des molécules adoptent des conformations (dispositions tridimensionnelles) différentes, caractérisées par des stabilités inégales. D'autres molécules, sujettes à de la mésomérie (coexistence de plusieurs formules limites distinctes par la répartition des électrons) sont planes. On les qualifie d'aromatiques s'il s'y présente un nombre d'électrons délocalisables obéissant à la règle $4n + 2$ de Hückel...

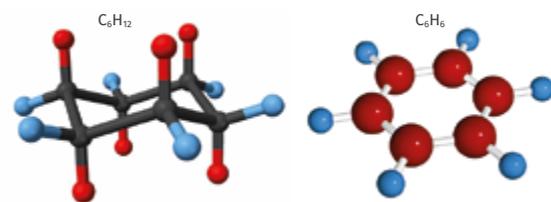
TEXTE : PAUL DEPOVERE - DEPOVERE@VOO.BE

PHOTOS : @TOMATITO26 - STOCK.ADOBE.COM (P.45), @VASILYEV DMITRY - STOCK.ADOBE.COM (P.45), HALTOPUB/WIKI - I' ILLU (P.46)

L'un des premiers triomphes de l'étude des cristaux par diffraction des rayons X a été la détermination de la structure du diamant en 1918. Le chimiste allemand Ernst Mohr (1873-1926) démontra qu'il s'agissait d'un réseau tridimensionnel d'atomes de carbone tétraédriques (exactement comme van't Hoff les avait représentés). En joignant par un trait, dans ce réseau, 6 carbones contigus afin de former un cycle, vous obtenez une forme caractéristique (avec une extrémité vers le haut et l'autre vers le bas) que les chimistes appellent une conformation «chaise». (Le cycle à 6 chaînons dont les 2 extrémités pointent vers le haut est le conformère «bateau».)

À l'époque, on admettait difficilement que des cycles isolés à 6 chaînons puissent se comporter de cette façon, encore que le chimiste allemand Hermann Sachse (1862-1893) avait tenté de le faire savoir dès 1890 sur

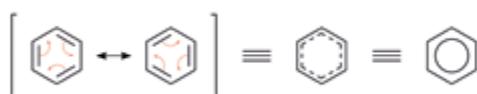
des bases purement trigonométriques. Mais c'est finalement le physico-chimiste norvégien Odd Hassel (1897-1981) qui démontra, en 1943, qu'il était fondamentalement impossible qu'un cycle pareil, constitué de carbones unis par des liaisons simples, soit plan: il devait nécessairement adopter une géométrie tridimensionnelle, confortant de ce fait la théorie de la tension de von Baeyer (1).



Modèle moléculaire du cyclohexane, C_6H_{12} (à gauche), qui, au contraire du benzène, C_6H_6 (à droite), n'est pas plan. Dans la formule de gauche, les 6 boules noires représentent des atomes de carbone [de type $sp^3(2)$]. Les 6 boules rouges sont des hydrogènes unis à ces carbones par des liaisons axiales, tandis que les 6 boules bleues sont des hydrogènes unis par des liaisons équatoriales. Dans la formule de droite, les 12 atomes [C (type sp^2), en rouge, et H, en bleu] sont coplanaires.

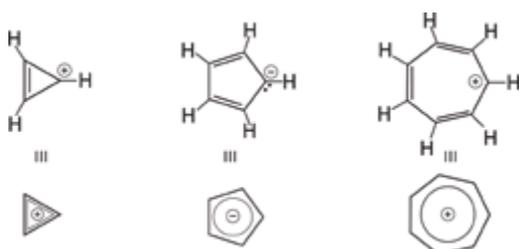
En ce qui concerne le benzène, il s'agit bel et bien d'une molécule cyclique plane (3), à 6 chaînons également, dans laquelle la disposition spatiale symétrique des atomes ne change pas. De ce fait, il n'y a pas lieu de se préoccuper de conformations !

La structure apparaissant à droite de la p. 45 représente en réalité 2 formules mésomères (4), dans laquelle les 3 liaisons doubles alternent avec des liaisons simples:



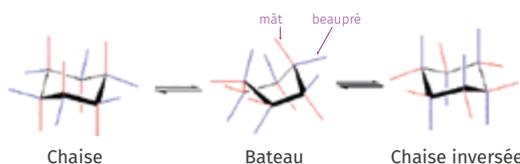
Entre crochets, les 2 formes mésomères du benzène, incitant à y représenter la répartition homogène des électrons par un cercle à l'intérieur de l'hexagone carboné.

Une telle molécule est dite aromatique. Pour être dotée d'une telle propriété, une structure donnée doit satisfaire aux critères suivants: elle doit être cyclique (avec ou sans hétéroatome.s), plane et il faut qu'il s'y présente un ensemble d'électrons délocalisables (conjugués) dont le nombre soit en accord avec la formule $4n + 2$ de Hückel, c'est-à-dire 2, 6, 10, 14, etc. Un tel système moléculaire est stabilisé par une énergie dite de résonance.



Exemples de molécules aromatiques (avec le nombre d'électrons délocalisables):
le cation cyclopropényle (2 électrons),
l'anion cyclopentadiényl (6 électrons),
le cation cycloheptatriényl (6 électrons).

Hassel continua à explorer de nombreux autres détails relatifs aux conformations des cycles à 6 chaînons, lesquels sont des cycles très courants en chimie organique. Mais jusqu'en 1950, les chimistes organiciens ne croyaient pas volontiers que ces structures revêtaient de l'importance dans les conditions réelles.



L'interconversion des 2 conformations de type chaise sous l'effet de l'agitation thermique: les liaisons axiales deviennent équatoriales et vice versa. Pour ce faire, toute forme chaise doit transiter par une forme dite bateau (au centre), avec l'existence de liaisons d'un type nouveau, à savoir beaupré ou mât (5). Les 2 hydrogènes mâts sont assez proches d'un point de vue spatial et se repoussent. On peut donc négliger cette conformation lors de la description de la structure de la molécule de cyclohexane.

En fait, il est évident - surtout lorsqu'on a la possibilité de manipuler un modèle moléculaire - de constater que non seulement le cyclohexane n'est donc pas une molécule plane mais qu'en outre, la forme chaise de gauche se convertit selon un processus équilibré en la conformation chaise de droite. Effectivement, à la suite de rotations autour de certaines liaisons C-C, le pan descendant de la chaise remonte, ce qui fait qu'une forme bateau transitoire (parce que moins stable) apparaît, obligeant l'autre pan qui remontait de descendre. Pour rappel, ce qui est axial devient équatorial et inversement. Il s'ensuit qu'un cyclohexane mono-substitué, par exemple par un chlore, présentera à l'équilibre cet halogène sous la forme d'un dérivé équatorial mélangé à un autre axial, ce dernier étant minoritaire en raison de répulsions internes défavorables.

Par ailleurs, un chimiste organicien anglais, sir Derek Barton (1918-1998), montra dans un article de 1950 comment certaines conformations réactionnelles influençaient la nature des produits susceptibles de se former. Il s'inspira de nombreux exemples de la chimie des stéroïdes qui aboutissaient à des résultats que l'on ne pouvait expliquer qu'en invoquant diverses géométries particulières des cycles.

Les théories de Barton lui valurent finalement l'acceptation générale puis, en 1969, un prix Nobel, conjointement avec Odd Hassel. Mais en toute modestie, Barton mentionna toujours sa publication de 1950 - concernant le lien existant entre la conformation des molécules et leur réactivité - comme étant son «article porte-bonheur», en insistant sur le fait que d'autres auraient pu se rendre compte des mêmes principes en examinant attentivement la littérature scientifique disponible à l'époque !

(1) Adolf von Baeyer (1835-1917) reçut le prix Nobel de chimie en 1905 pour sa synthèse de l'indigo. Selon sa théorie de la tension dans les cycles carbonés saturés, l'angle de liaison normal formé par les carbones tétraédriques (sp^3 , voir appel de note 2) est de $109^\circ 28'$. Tout écart vis-à-vis de cet angle (lorsque le cycle se rapetisse) augmente le contenu énergétique de la molécule considérée et donc sa réactivité.

(2) Tout atome de carbone est tétravalent. Pour les puristes, un atome de carbone qui a hybridé son électron s avec ses 3 électrons p - comme c'est le cas dans le cyclohexane - dispose de 4 orbitales sp^3 aptes à former 4 liaisons simples avec 4 atomes. Par contre, un carbone de type sp^2 (comme dans le benzène) est engagé dans une liaison double avec un autre atome voisin, ce qui restreint ses liaisons à 3 atomes.

(3) C'est August Kekulé (1829-1896) qui, après avoir postulé la quadrivalence du carbone, établit la formule hexagonale du benzène en rêvant d'un serpent qui se mord la queue (l'ouroboros des alchimistes) ! Par contre, le caractère plan de cette molécule fut démontré par Kathleen Yardley (épouse Lonsdale, 1903-1971). Pour ce faire, elle avait appliqué la diffraction des rayons X à des monocristaux d'hexaméthylbenzène puis d'hexachlorobenzène.

(4) Selon L. Pauling, la mésomérie caractérise une molécule dont la distribution des électrons est telle qu'il est indispensable de faire coexister plusieurs formules limites distinctes non par la position des atomes mais bien par celle des électrons.

(5) Ces termes imagés ont été publiés dans le *Journal officiel de la République française* du 18 avril 2001 par la Commission générale de terminologie et de néologie, en application du décret relatif à l'enrichissement de la langue française.



BIO NEWS

TEXTE : JEAN-MICHEL DEBRY • J.M.DEBRY@SKYNET.BE

PHOTOS : ANTLERED ACRES (P.47), ©SCIEPRO - STOCK.ADOBE.COM (P.48),

©REVERS_JR - STOCK.ADOBE.COM (PP.48-49), ©GRANDBROTHERS - STOCK.ADOBE.COM (P.50)

Cerf David

Le père Armand David était un missionnaire français qui, en poste en Chine dans la seconde moitié du 19^e siècle, eut la chance d'observer un ruminant inconnu à l'époque chez nous. Il en existait une population unique, gardée en captivité dans un parc sous surveillance armée, dont il était interdit de s'approcher. Le religieux a tout de même pu obtenir une dépouille, puis un squelette qu'il a envoyés en Angleterre pour être analysés. Bien lui en prit pour sa postérité puisque depuis lors, ce cerf (*Elaphurus davidianus*) porte son nom.

La suite est pour le moins particulière. Connu dès ce moment de la classe scientifique internationale au moins, ce beau cerf de taille moyenne (1,2 m au garrot et moins de 200 kg) a rapidement fait l'objet de demandes d'acquisition et quelques couples ont été envoyés en Europe. Tous n'ont pas survécu mais l'option a été salutaire pour l'espèce puisque dès le début du 20^e siècle, les seuls cerfs de David résiduels étaient tous européens. Et la colonie chinoise ? Décimée d'abord par une inondation, puis consommée ensuite pas les soldats japonais et européens pendant la guerre des

Boxers en 1900. En 1912, les 18 sujets survivants de l'espèce ont été réunis chez le duc de Bedford, où ils se sont heureusement reproduits. En 1956, les premiers exemplaires étaient restitués à la Chine d'origine, avant 38 autres dans le courant des années 80. Et aujourd'hui ? On évalue la population totale à 8 000 têtes environ, dont 2 420 sur le seul territoire chinois. Il s'agirait de la plus belle réussite de sauvetage et de réintroduction d'espèce dont on peut tracer précisément l'histoire sur un peu plus d'un siècle.

Tout n'est pas gagné pour autant. Non seulement les exemplaires chinois n'ont-ils à leur disposition que des territoires réduits mais, tous issus de quelques individus croisés il y a un siècle, ils manquent sérieusement de diversité génétique, ce qui leur vaut une consanguinité assez élevée qui peut se traduire par une incidence tout aussi élevée de pathologies diverses. La solution tient à une coordination des croisements possibles entre des mâles et femelles chinois avec des individus détenus dans des parcs animaliers du monde entier. Simple en principe, mais apparemment complexe en raison d'un manque de réelle volonté de coopération à ce niveau, en plus de dispositions sanitaires différentes d'un pays à l'autre. Le cerf de David est donc sauvé et bien sauvé. Est-il pour autant définitivement à l'abri des vicissitudes liées à son manque de diversité génétique ? C'est ce que l'avenir devrait nous apprendre. ^A

► **Science, 2021, 371: 685**



Existe-t-il de faux vrais jumeaux ?

Des jumeaux issus de la segmentation d'un même ovule fécondé sont dits «vrais» ou monozygotiques. Ils sont normalement identiques et c'est ce qui apparaît en première observation. C'est même tellement vrai que, parfois, il est difficile de les différencier, ce qui peut mener les copies conformes à éventuellement en tirer parti en se substituant au besoin l'un à l'autre. D'un point de vue génétique, ils ne peuvent être que totalement identiques puisqu'issus d'un même zygote, cellule primordiale non encore segmentée. Mais est-ce toujours vrai ? Une équipe de généticiens a voulu en avoir le cœur net et a soumis 381 paires de jumeaux vrais et 2 fratries de triplés vrais (cela arrive !) à un examen génomique en règle, afin d'identifier toute différence qui ne serait pas perceptible à l'examen immédiat. On sait que cela est possible et même observé depuis longtemps chez des jumelles et jumeaux séparés de longue date. Dans ce cas, ce sont des contraintes environnementales qui sont responsables des différences observées.

Ce que les examens ont mis en évidence, c'est que contre toute attente et aussi semblables qu'ils puissent être, ces jumeaux ou triplés présentent une moyenne de 5,2 mutations acquises très tôt dans leur développement. 15% d'entre eux présentent même ce genre de différence de façon très spécifique par rapport à leur «double» (ou triple). Il a aussi été observé qu'un des jumeaux d'une paire pouvait être issu d'une seule lignée cellulaire ayant précédé la séparation menant à la gémellité. Des jumeaux ont enfin pu être formés de la confluence de plusieurs lignées cellulaires. Bref, 1 fois sur 6 au moins, ce qui se passe lors du développement très précoce n'est pas exactement ce qui est théoriquement attendu. Seul l'examen génomique est en mesure de démontrer cette réalité qui a jusqu'ici échappé à l'observation externe. Et sans doute y a-t-il encore bien d'autres surprises à débusquer! ^A

► *Nat. Genet.*, 2021; 53(1): 27-34



Les dents du passé

Les dents sont faites en priorité pour déchiqueter et triturer. Celles du mammouth n'échappaient pas à la règle, mais elles ont récemment offert une opportunité supplémentaire, très largement post-mortem comme on peut le suspecter. Et on va voir à quel point. Trois vestiges de ces gros mammifères ont récemment été exhumés du permafrost du grand nord et soumis à une analyse fouillée. Ils sont particulièrement anciens puisque datés d'un million d'années. Or l'examen méticuleux a permis de récupérer des petits fragments de chair issus de molaires et leur examen génétique a permis d'en extraire des séquences d'ADN. Banal ? Non. Si l'ancienneté est validée, il s'agirait des plus vieux fragments identifiés pour la molécule; le record précédent, extrait d'un vestige de cheval, n'étant vieux «que» de 700 000 ans. Non seulement ces mammouths sont-ils anciens, mais pour l'un d'eux, il semblerait qu'il appartienne à une espèce non encore décrite, qui aurait vécu il y a même 1,2 million d'années. Quant aux 2 autres, ils seraient des précurseurs des mammouths laineux désormais bien connus.

Quel est l'élément qui permet que de tels examens soient possibles aujourd'hui ? Le permafrost; ce sol en permanence gelé - mais qui commence à se réchauffer - qui constitue un milieu efficace de conservation. Un congélateur grand format, en somme. Le problème est que le réchauffement climatique atteint des zones de plus en plus boréales, comme le nord-est de la Sibérie où les vestiges évoqués ont été trouvés. C'est ce qui permet d'exhumer ce qui n'était pas accessible auparavant. Mais il apparaît également qu'il ne faut pas tarder à récupérer ce qui peut l'être, au risque de les retrouver dénaturés par l'effet de processus divers autorisés par une température plus élevée.

Va-t-on une fois encore évoquer la possibilité de cloner cet ADN ancien dans un ovule d'éléphant, comme on le fait à chaque fois qu'une découverte du genre est recensée ? Sans doute pas davantage, tout simplement parce que si rien n'est impossible, il y a de la marge entre le fantasme et la réalité. Pour faire renaître des mammouths, il suffit au besoin de mettre à profit ce qui a été fait pour les dinosaures en tous genres: de la construction d'automates grandeur nature à la conception par ordinateur. Et autant le dire: un mammouth, s'il pouvait être généré, ne permettrait jamais à lui seul que l'espèce reparaisse. Qu'en ferait-on d'ailleurs ? ^A

► *Science*, 2021, 371: 761

Dent de mammouth



Oh zone !

Avec une belle régularité saisonnière, l'accroissement du «trou» dans la couche d'ozone refait surface dans les médias quand il paraît utile d'ameuter l'opinion publique sur un danger potentiel couru par les humains, moins bien protégés par ce «voile» de haute altitude fait de l'instable agrégation de 3 atomes d'oxygène. L'ozone, gaz à effet de serre, renvoie vers l'expéditeur solaire une partie des «méchants» rayons UV qui altèrent la peau et peuvent y induire des cancers. Ce que l'information omet de préciser, c'est que ce trou est à géométrie variable et hautement saisonnière, qu'il se trouve à l'aplomb de l'Antarctique, où les humains ont peu l'occasion de prendre des bains de soleil et donc d'exposer leur peau. En revanche, c'est bien le cas sur toutes les plages du monde où les UV non retenus en altitude peuvent agresser toutes les peaux qui s'y exposent.

Si la couche protectrice d'ozone s'amenuise lors de l'été austral, c'est sous l'effet d'ions chlorure (Cl⁻) généreusement rejetés par le volcan Erebus qui se trouve juste en-dessous et qui les envoie bien haut. Car beaucoup l'ignorent: c'est dans la stratosphère, soit entre 15 et 50 km d'altitude que l'ozone (O₃) subit cette agression qui le décompose menant, in fine, à la formation d'oxygène (O₂).

La problématique «ozone» est-elle bouclée pour autant ? Non. Parce que si la raréfaction de ce gaz stratosphérique nous concerne peu en raison de sa localisation bien lointaine, il devient gênant quand il est produit au niveau du sol. Autant le savoir: ce gaz-là est toxique car puissamment oxydant. Chaque été, pendant les phases de chaleur associées à un effet anticyclonique (réduction de la dissipation des gaz), l'ozone gagne en concentration avec les effets irritants relevés surtout en milieu urbain et industriel, les oxydes d'azote (NO_x) en étant les principaux initiateurs. Soit dit en passant, les hydrochlorofluorocarbones (HCFC) dont on n'a certes pas besoin pour vivre et que l'on continue à fustiger pour la dégradation qu'ils opèrent de la couche d'ozone au-dessus du pôle sud, semblent bien peu efficaces sur la genèse du même ozone toxique généré au ras du sol dans l'hémisphère nord. Étrange, étrange... La gestion environnementale gagnerait incontestablement à un peu de clarté et de logique... ^A

► **Science, 2021, 371: 689 & Vollmer et al.**
Proc. Natl. Acad. Sci. USA. 118.



En parlant de couche d'ozone...

La perspective d'une poursuite du réchauffement climatique, en partie causée par la dégradation de la couche d'ozone, mène les zoologistes à s'interroger sur les effets qu'il pourrait avoir sur les populations et les espèces animales et végétales. C'est depuis les années 60 surtout que la température a commencé à croître de façon régulière. Depuis ce moment, la température moyenne aurait gagné un degré environ (1), ce qui amène la faune et la flore à reconsidérer leur niche écologique dans des conditions qui voient augmenter la température, mais aussi l'humidité et d'autres contraintes interspécifiques. Des espèces animales jadis migrantes tendent à ne plus le faire ou à gagner des régions où les conditions météorologiques sont davantage en accord avec leur optimum de vie et de développement. Cela a été souvent répété dans cette rubrique, la vie est par essence dynamique et peut donc souvent réussir à s'adapter. À cet égard, la température ne constitue qu'un paramètre limitant. Le morcellement de l'habitat, l'invasion de maladies diverses (on a vu l'effet du coronavirus sur l'humain) et les pollutions en sont d'autres qui pèsent lourdement sur la biodiversité. Une espèce qui semble disparaître en un endroit a parfois simplement migré ailleurs: oiseaux et polypes de coraux sont dans le cas, pour ne citer que ceux-là. L'aspect des espèces qui restent en place va-t-elle changer ? Des oiseaux, des mammifères vont-ils avoir une livrée plus sombre, à la manière des ours qui, blancs dans l'arctique, sont plus sombres à mesure qu'ils descendent en latitude. Ou celle-ci sera-t-elle au contraire plus claire ? Le débat reste ouvert (2). Et qu'en est-il des milieux dits extrêmes qui connaissent aujourd'hui déjà une hausse significative des températures ?

C'est sur la faune (oiseaux et petits mammifères) du désert américain de Mojave, que des chercheurs ont jeté leur dévolu pour y mesurer les effets du changement climatique (3). Leur idée de départ est que le changement climatique ne peut qu'appauvrir la biodiversité, la menant à une probable extinction. Sans entrer dans le détail de toutes les observations rapportées, il apparaît que si les populations locales d'oiseaux ont effectivement diminué - parties vers des cieux plus cléments -, celles des petits mammifères sont en revanche particulièrement stables. Des simulations effectuées tendent à ce propos à valider le fait que les micro-habitats ont été adaptés à l'évolution des conditions climatiques. C'est ce que l'on peut observer chez nous lorsque, dans les prairies et jardins, la terre argileuse devient plus froide ou plus sèche en surface: les taupes creusent plus profond. Elles s'adaptent au même titre que nous le faisons aux changements de saison. Avec, pour les animaux, des limites plus étroites sans doute, que les nôtres. ^A

► (1) **Science 2021, 371: 334-335.** (2) **Science, 2021, 371: 115.** (3) **Science, 2021, 371: 633-636**





Le Scinque pentaligne (*Plestiodon fasciatus*) est un lézard endémique d'Amérique du Nord. Les juvéniles comme celui-ci sont aussi appelés «scinques à queue bleue.»

Des scinques à effet préventif

Les scinques sont des lézards surtout connus, en Europe, par les aquariophiles. S'il en existe quelques espèces discrètes sur le continent, on les retrouve plutôt au sud. Ailleurs, elles sont omniprésentes, tant en Amérique, en Asie qu'en Afrique où elles représentent globalement 25% de l'ensemble des lézards recensés.

Une recherche récemment publiée tend à montrer que sur la côte nord-est américaine au moins, ces reptiles auraient un effet préventif sur la transmission d'une maladie qui frappe les humains: la maladie de Lyme. Cet effet est pour le moins indirect et tout à fait involontaire pour les animaux concernés. Mais puisqu'effet il y a, voyons comment cela se passe. Point de

départ de la recherche menée: l'observation de la fréquence décroissante de la maladie de Lyme à mesure que l'on se déplace du sud vers le nord des États-Unis, dans la frange Est de l'Union au moins. Cette maladie infectieuse, est-il nécessaire de le rappeler, est une zoonose due à la borrélie, une bactérie transmise par une tique du genre *Ixodes*. Toute tique n'est pas porteuse mais se faire piquer par l'une d'elle, tapie dans les fourrés ou les hautes herbes, présente un facteur de risque. L'incidence de l'affection étant donc différentielle entre le nord et le sud américain, des chercheurs ont déterminé 8 sites échelonnés et ont étudié l'écologie des *Ixodes* pour tenter de trouver la cause des différences observées.

Et ils les ont apparemment identifiées. Elles tiennent aux scinques, précisément. En raison des différences de climat (et sans doute d'habitats) entre le nord et le sud, il apparaît que les hôtes intermédiaires des tiques sont plutôt des mammifères dans le nord, des lézards dans le sud. Or, non seulement les tiques prolifèrent-elles moins sur les scinques mais ceux-ci, qui vivent en contact étroit avec le sol, forcent aussi leurs parasites à rester à ce niveau. Pour se prémunir des effets desséchants d'une plus forte chaleur dans les États du sud, les *Ixodes* se cachent même sous les feuilles. Résultat: ils ont nettement moins l'occasion d'entrer en contact avec un mammifère de passage et encore moins avec un humain qui les foule sans le savoir à ses pieds.

On s'en rend compte, la transmission de maladies prend parfois des chemins détournés qui rendent utiles une «étude du milieu» chère aux «vrais» écologistes qui en connaissent les règles. Les Américains du sud-est doivent donc une prévention à des lézards dont ils ignorent peut-être même l'existence. Ils sont pourtant reçus «scinque sur cinq» ! A

► *Science*, 2021; 371: 547



BIO ZOOM

Source: reddit.com

Voici un paysage digne de Hoth, la planète de glace de la Saga *Star Wars*... On est pourtant en Russie, en Sibérie pour être précis. Le lac Baïkal est le plus grand (32 000 km²) et le plus profond (1 652 m) lac d'eau douce au monde. En hiver, lorsqu'il est gelé, l'eau y est si claire qu'on peut voir à 40 m sous la glace. En Mars, avec l'augmentation des températures se créent des fissures dans la croûte de glace, faisant naître des éclats de glace turquoise en surface. Tellement magique que le lac est inscrit au Patrimoine mondial de l'UNESCO.



La Terre refroidit...

Et plus rapidement que prévu ! Précisons d'emblée que le titre de cet article n'a rien à voir avec le très réel problème du réchauffement climatique et de l'accroissement de la température moyenne dite parfois abusivement «de la Terre». Dans le cas du climat, la température moyenne est établie à partir de relevés effectués à un mètre au-dessus du sol et à un mètre sous la surface des océans. En revanche, le refroidissement dont il est question ici est bien celui «de la Terre», la planète entière depuis le noyau jusqu'à sa croûte externe.

TEXTE : HENRI DUPUIS - DUPUIS.H@BELGACOM.NET

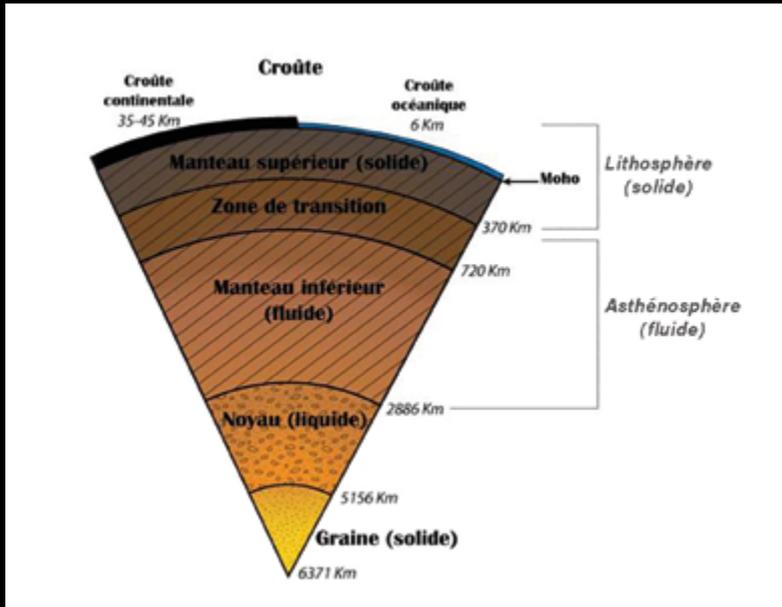
PHOTOS : @3D MOTION - STOCK.ADOBE.COM (P.51), WWW.ENCYCLOPEDIE-ENVIRONNEMENT.ORG (P.52)

Pour qu'un corps refroidisse, il faut évidemment qu'il soit chaud et que cette chaleur se dissipe. Or dans le cas de la Terre, apprécier sa chaleur et son évolution n'est pas simple: l'être humain va loin dans l'espace, descend à des profondeurs marines abyssales... Mais peine à s'enfoncer dans le sol de sa planète pour y réaliser des observations et mesures directes: au bout de 10 ans de forage, une équipe russe a atteint la profondeur record de 12 km, avant de devoir abandonner. Or la seule croûte terrestre continentale

a une profondeur moyenne de 30 km ! Malgré ces difficultés, la physique de la Terre est mieux connue grâce au développement de méthodes indirectes comme l'analyse d'ondes ou particules qui la traversent et la simulation en laboratoire.

Ce qu'on sait depuis longtemps, c'est que la chaleur augmente avec la profondeur (l'enfer est d'ailleurs souvent situé au centre de la terre !). D'où provient cette chaleur/énergie ? Ce qui vient sans doute d'abord à l'esprit, c'est la radioactivité naturelle de notre planète. Des éléments instables et abondants comme certains isotopes de l'uranium, du thorium et du potassium dégagent de l'énergie, de la chaleur, en se désintégrant. Grâce à des modèles de formation de la Terre, cette production a été estimée à 21 TW (en térawatt, soit $21 \cdot 10^{12}$ watts - à titre de comparaison, notre haute atmosphère reçoit $174 \cdot 10^{15}$ watts ou 174 000 TW du soleil). Un peu d'énergie est aussi émise par le phénomène de cristallisation de la graine (centre de la Terre) ou encore par les marées terrestres (à l'intérieur de la Terre). Tout ceci n'explique cependant pas les 46 TW totaux estimés comme chaleur perdue par la Terre.

Mais l'autre grande source de chaleur est tout simplement le refroidissement dit séculaire. La Terre s'est en effet formée (il y a environ 4,5 milliards d'années) par accréation de corps en orbite



autour du soleil lui aussi en formation. Ces corps se sont précipités les uns sur les autres à grande vitesse, donc avec une énergie cinétique importante, transformée en chaleur. À cela s'ajoute une source provenant de la radioactivité d'éléments à courte période comme des isotopes de l'aluminium et du fer, disparus aujourd'hui. Tout cela a fait de notre planète une sorte de boule fondue. Lorsque l'accrétion et la radioactivité de courte période ont été terminées, la planète a alors pu commencer son refroidissement qui se serait déroulé en 2 phases. La première a été rapide: la chaleur s'est propagée par convection à travers les roches en fusion. Mais au fur et à mesure que le manteau (voir le schéma ci-dessus) a cristallisé, la chaleur s'est évacuée beaucoup plus lentement. C'est cette phase qui dure encore aujourd'hui. Mais à quel rythme ?

Dissipation de la chaleur

Pour tenter de le comprendre, voyons comment la Terre perd sa chaleur. Par les volcans bien sûr; mais si cela nous semble important (1 TW de puissance dégagée soit autant que 1 000 réacteurs nucléaires type Tihange), c'est peu en comparaison des 46 TW cités plus haut. Les séismes ne font guère mieux, environ 1 TW également malgré les dégâts qu'ils causent. Et les 44 TW restants ? C'est un flux régulier à travers toute la surface terrestre, qu'on appelle le flux géothermique. Celui-là même qu'on essaie de capter en tant qu'énergie renouvelable et durable. De quoi, a priori, satisfaire nos besoins puisque l'humanité produit et consomme environ 15 TW d'énergie. Sauf que... l'essentiel (2/3) de la chaleur terrestre est évacué par les océans (surtout via les dorsales océaniques) et un tiers seulement par les continents, de quoi fracasser quelque peu le rêve d'une autonomie géothermique ! Mais comment ce flux s'échappe-t-il ? Quelques notions de convection sont à rappeler.

On peut assimiler la Terre à un système chaud en bas (noyau et graine) et froid en haut (manteau et croûte). Dans ce cas, la physique nous indique qu'il y a 2 types de transfert de chaleur possibles: par convection (ce sont des mouvements macroscopiques de matière qui transfèrent la chaleur) et conduction (la chaleur se transmet par les vibrations des atomes sans mouvement macroscopique de matière). Le premier cas est celui d'une eau chauffée dans une casserole, le second d'une brique sur une plaque chauffante. La différence entre les 2 se marque aussi dans le fait que dans un cas, la matière chauffée est déformable et pas dans l'autre. Passer d'un mode de transfert énergétique à l'autre dépend de plusieurs paramètres condensés en un nombre, le nombre de Rayleigh. Est-ce à dire que dans un solide, par exemple, c'est toujours la conduction qui est à l'œuvre ? Non parce qu'un solide peut aussi se déformer, même de manière très lente. C'est le cas de la glace: on en veut pour preuve les glaciers qui s'écoulent et se déforment. C'est aussi le cas du manteau terrestre même s'il est solide. Le calcul du nombre de Rayleigh montre que le manteau est lui aussi affecté de mouvements de convection. Et ce sont eux qui seraient responsables de l'essentiel de la libération de la chaleur terrestre. Notons enfin que le refroidissement n'engendre pas seulement le volcanisme et les mouvements de convection mais aussi la tectonique des plaques, c'est-à-dire le déplacement des continents sur le manteau solide (et non sur le magma comme on le dit encore trop souvent) qui est justement due aux mouvements convectifs dans le manteau. Cela va-t-il durer longtemps ?

Pour le savoir, des chercheurs de l'École Polytechnique fédérale de Zürich se sont intéressés ⁽¹⁾ aux roches en jeu là où se déroulent les phénomènes de convection mantellique, où la roche visqueuse du manteau terrestre est en contact direct avec la fonte chaude fer-nickel du noyau externe de la planète. Cette roche est de la bridgmanite. Les chercheurs ont étudié la conductivité thermique de ce minéral en reconstituant en laboratoire les conditions de pression et de chaleur qui règnent à cet endroit de notre planète. Résultats ? Cette conductivité est 1,5 fois plus élevée que prévue. Ce qui donne à penser que le flux de chaleur du noyau vers le manteau est aussi plus important que prévu. La convection du manteau accélère donc aussi et la Terre se refroidit plus vite. Avec quelles conséquences possibles ? Comme on l'a vu, cela aura sans doute un effet (ralentissement) sur les phénomènes induits comme la tectonique des plaques et le volcanisme. La Terre risque donc de se figer (comme Mars l'est) plus vite que prévu. Mais qu'on se rassure, on parle ici d'une échelle de temps en centaines de millions d'années. ⁽²⁾

⁽¹⁾ Radiative thermal conductivity of single-crystal bridgmanite at the core-mantle boundary with implications for thermal evolution of the Earth. *Earth and Planetary Science Letters*, Volume 578, 15 January 2022.

Quoi de neuf dans l'espace ?

Une centaine de récupérations réussies en vue d'une réutilisation pour d'autres vols : c'était le bilan de SpaceX à la fin de 2021. La société privée de transport spatial, que l'on doit à l'homme d'affaires Elon Musk, est la seule au monde à pouvoir lancer des satellites au moyen du même premier étage : celui-ci, grâce à une avionique performante, réussit à atterrir en plein océan sur un ponton spécialement aménagé ou à venir se poser de façon précise près de l'aire de lancements. Ce qui donne lieu à des images toujours spectaculaires, quelque 8 minutes après le décollage

TEXTE: THÉO PIRARD | PHOTO: SPACEX



Avec son lanceur lourd *Falcon Heavy*, SpaceX a fait revenir les 2 boosters latéraux au Cap Canaveral

la réutilisation en valait la peine et dans quelle mesure une satellisation coûtait moins cher. L'entreprise d'Elon Musk se montre plutôt discrète sur les frais de réhabilitation d'un étage du *Falcon 9* avec ses 9 propulseurs *Merlin*. On sait que cet étage de 41 m a pu, à ce jour, servir jusqu'à 11 fois, ce qui est une belle performance.

Quels autres opérateurs de services de transport spatial développent des étages réutilisables ?

SpaceX a une belle longueur d'avance dans la maîtrise de la réutilisation du premier étage pour ses *Falcon 9* et *Heavy Falcon 9*. Par ailleurs, aux États-Unis, *Rocket Lab* pour son petit lanceur *Electron*, *Blue Origin* (l'entreprise de Jeff Bezos, *Amazon*) pour son projet *New Glenn* paraissent les mieux placés pour procéder à des tests de récupération.

Il y a bien des effets d'annonce, tant en Chine qu'en Europe, qui font état de préparatifs pour la réutilisation de premiers étages. Des sociétés chinoises prévoient la mise en service de lanceurs partiellement réutilisables, mais peu d'informations précises sont disponibles sur leur état d'avancement. Du côté européen, l'ESA (*European Space Agency*) et *ArianeGroup* travaillent depuis plusieurs années sur le démonstrateur *Themis* d'étage réutilisable. Dans la perspective du système *ArianeNext* des années 2030.

Reste le sérieux problème de l'étage supérieur qui devient un débris gênant sur orbite...

Des exploitants de lanceurs, comme *Arianespace*, font en sorte que cet étage ne vienne plus gêner le trafic dans l'espace : ils le manœuvrent pour qu'il disparaisse au plus vite de l'orbite en retombant dans l'atmosphère. La pollution du milieu spatial, avec l'incroyable recrudescence des activités de lancements sous l'impulsion d'entreprises commerciales (communications, observations) de plus en plus nombreuses, doit devenir la grande préoccupation des États : il s'agit de préserver notre avenir autour de la Terre. 🌐

Le premier retour réussi de l'étage principal du lanceur *Falcon 9* de SpaceX eut lieu le 22 décembre 2015. Une « première » historique car jusqu'alors les étages de fusées retombaient en mer ou s'abîmaient au sol. Le réemploi d'un premier étage eut lieu le 30 mars 2017 un an après sa récupération pour mettre en orbite un satellite de télécommunications pour l'opérateur luxembourgeois Ses.

Il a donc fallu attendre 6 décennies après la satellisation, le 4 octobre 1957, du premier *Sputnik* russe qui marque les débuts de l'astronautique. Pourquoi avoir attendu tout ce temps ?

La plupart des lanceurs mis en œuvre depuis 1957 étaient basés sur des missiles militaires qui ne servaient qu'une fois, destinés à frapper leur cible avec force et précision. Aujourd'hui, les ressources de l'informatique, grâce à des systèmes intelligents, permettent à un étage de revenir après usage pour une remise en état. D'aucuns se sont demandé si

À la Une du cosmos



BONUS en ligne

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



Si certaines têtes de comètes ont des teintes verdâtres, c'est à cause de la molécule C_2 : une réaction de photodissociation a été identifiée en laboratoire pour expliquer la chose, et elle implique une rare réaction à 2 photons.

CRÉDITS: J VERMETTE



Bizarre, vous avez dit bizarre ?
 ❶ Certains cadavres stellaires appelés «naines blanches» sont pollués par des débris planétaires qui leur tombent dessus. Leur analyse a permis d'identifier des types de roches qui n'existent pas dans le système solaire.
 ❷ La croûte des exoplanètes peut être différente de la terrestre: certaines planètes pourraient ainsi avoir une lithosphère fine, incapable de soutenir les montagnes ou de faire de la tectonique...
 ❸ Plus de 70 planètes errantes (non liées à une étoile) ont été découvertes dans Sco OB2, la région de formation d'étoiles la plus proche de nous.

CRÉDITS: NOIRLAB/NSF/AURA/DA SILVA (VUE D'ARTISTE)



Départs ! La mission *DART* a été lancée - ce sera l'occasion d'un nouveau bombardement céleste américain - ainsi que le *James Webb*, plus gros télescope spatial ! Le déploiement de ce grand origami s'est déroulé sans accroc et il va commencer sa calibration, pour un début des observations scientifiques mi-2022.

CRÉDITS: ESA



Et si l'eau de la Terre venait... du Soleil ? Ça paraît étrange et pourtant, l'analyse des échantillons de l'astéroïde Itokawa suggère que le vent solaire est capable de former de l'eau sur les poussières interplanétaires...

CRÉDITS: CURTIN UNIV. (VUE D'ARTISTE)



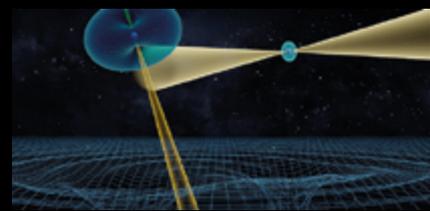
La galaxie NGC 7727 contient 2 trous noirs supermassifs séparés de seulement 1600 années-lumière, un record de proximité. Le mouvement des étoiles proches révèle leur masse: 154 et 6 millions de fois la masse du Soleil.

CRÉDITS: ESO



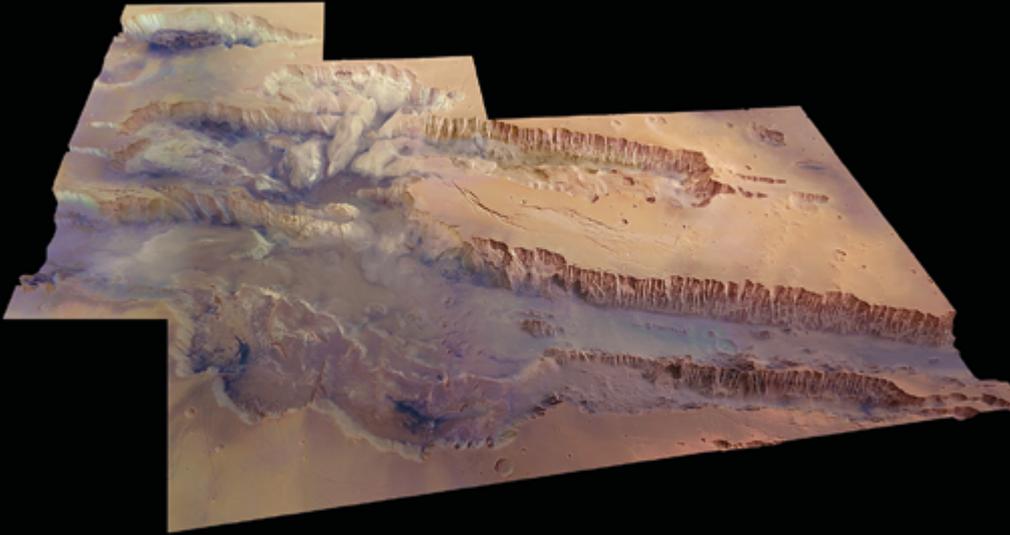
Le *VLT* de l'*ESO* a capturé l'image d'une planète autour de b Centauri, la binaire la plus massive connue parmi celles possédant des planètes. L'orbite de la planète est cent fois plus grande que celle de Jupiter.

CRÉDITS: ESO



Une paire de pulsars a été suivie pendant 16 ans par 7 radiotélescopes différents et cela a permis de faire passer une série de tests très précis à la théorie de la relativité générale. Résultat: elle tient toujours bon !

CRÉDITS: M KRAMER+MPFIR



La sonde *TGO-ExoMars* a découvert des quantités appréciables d'eau dans le canyon martien géant de Valles Marineris - 40% du matériau sous la surface serait de l'eau ! En parallèle, le rover *Perseverance* indique rouler sur un substrat rocheux probablement formé à partir de magma, et les roches locales semblent avoir interagi avec l'eau à de multiples reprises au cours des âges - certaines contiennent des molécules organiques.

CRÉDITS: ESA



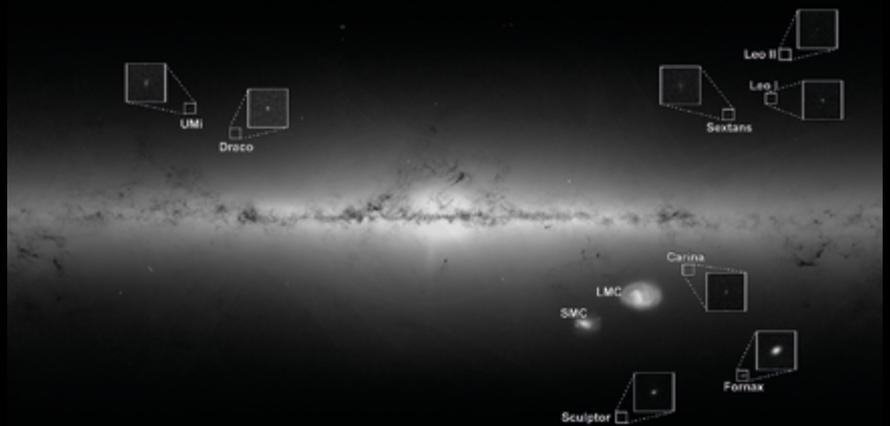
Débris en pagaille ! Fin 2021, la station spatiale internationale a dû éviter un débris venant d'un essai militaire chinois de 2007 puis des débris venant d'un nouvel essai militaire russe. Plus loin, la sonde lunaire indienne *Chandrayaan* a dû faire un écart pour éviter un autre débris - la défunte sonde américaine *LRO*...

CRÉDITS: ESA (VUE D'ARTISTE)



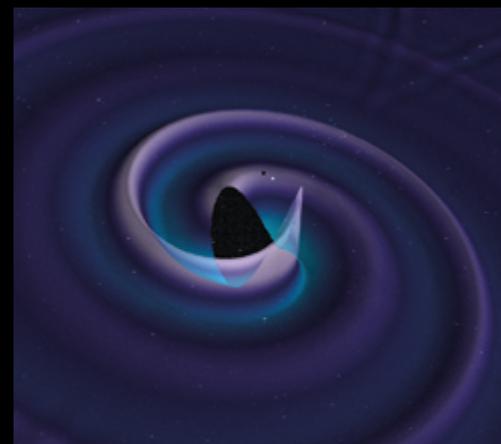
La surface de Pluton présente des structures polygonales. Leur origine a pu être élucidée: la sublimation de l'azote en surface produit un refroidissement localisé, qui génère des mouvements convectifs créant ensuite ces structures.

CRÉDITS: NEW HORIZONS



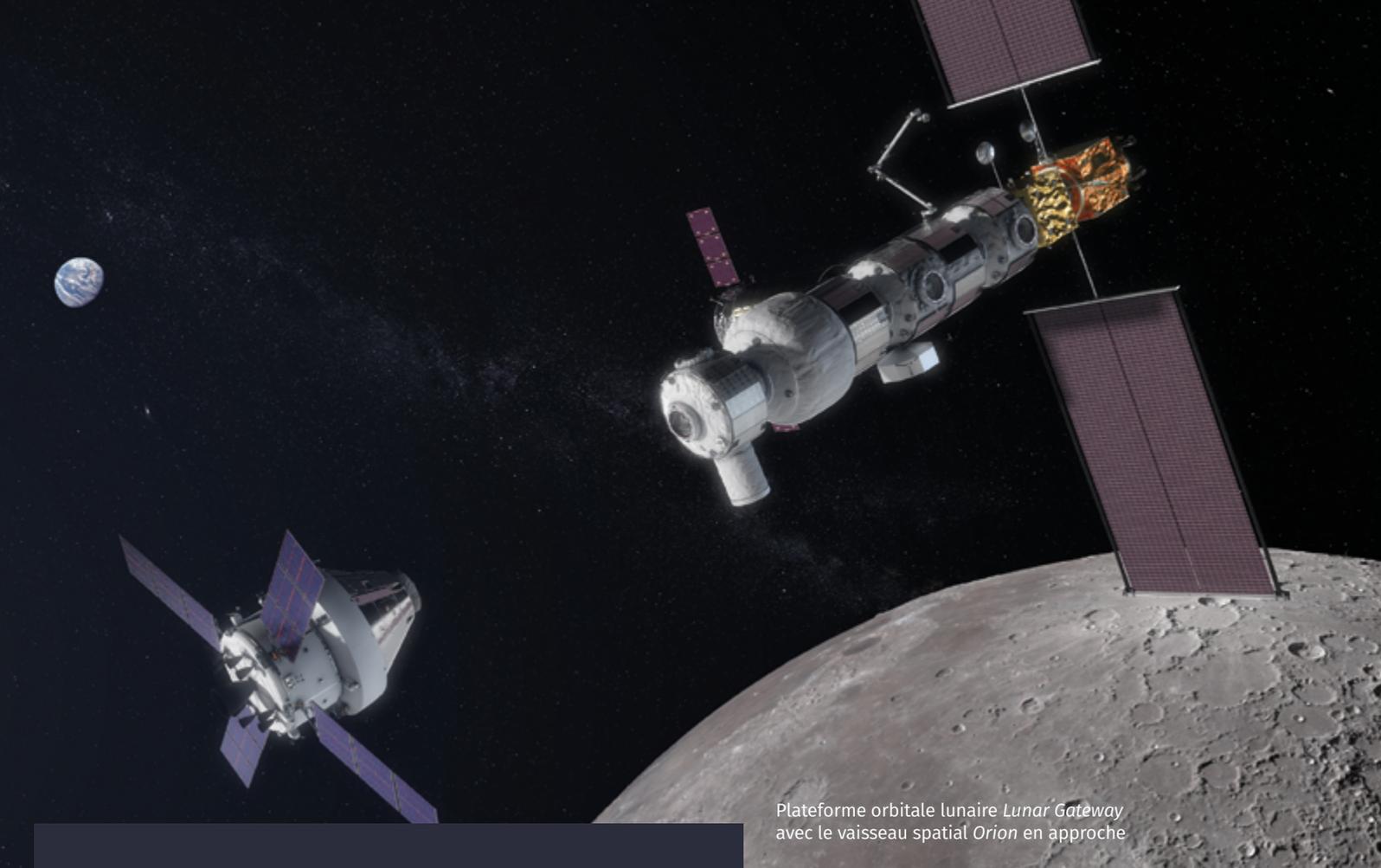
Notre vision de la Voie Lactée évolue encore ! ❶ Les données de la mission *Gaia* montrent que les galaxies satellites sont souvent de nouvelles venues dans notre environnement galactique. ❷ En parallèle, on a trouvé une structure reliant 2 bras spiraux, un ruban de gaz de plus de 6 000 années-lumière dans la direction du centre galactique. Il pourrait aussi s'agir d'une bifurcation du bras spiral de Norma. Ses ondulations lui valent le surnom d'« onde de Gangotri » et sa formation reste mystérieuse. ❸ Les astronomes ont identifié une autre longue structure: un filament d'hydrogène, surnommé Maggie, s'étendant près de 4 000 années-lumière et qui pourrait représenter une étape particulière du processus de formation stellaire.

CRÉDITS: ESA



Ça progresse ! Découverte de 35 nouveaux événements d'ondes gravitationnelles, portant à 90 le nombre total depuis 2015. On y trouve des fusions trous noirs/étoiles à neutrons, des systèmes avec plus de 100 fois la masse du Soleil et d'autres seulement 18 fois cette masse...

CRÉDITS: LIGO-VIRGO-KAGRA



Plateforme orbitale lunaire *Lunar Gateway* avec le vaisseau spatial *Orion* en approche

Les Américains à la (re) conquête de la Lune

En 2025 «au plus tôt», une équipe d'astronautes devrait de nouveau fouler le sol lunaire dans le cadre de la mission américaine *Artemis III*, troisième du programme éponyme. Après 10 ans de développement, l'ambitieux projet de la *Nasa* n'a jamais été aussi concret, puisque l'un de ses principaux éléments, le lanceur-lourd *SLS*, doit être inauguré en février prochain. Cerise sur le gâteau, la Belgique apporte sa contribution au programme !

TEXTE: FLEUR OLAGNIER • FLEUR.OLAGNIER@GMAIL.COM
PHOTOS: NASA (PP.56-P.57)

C'est en 1972 que les hommes ont dit au revoir à la Lune. Depuis la dernière mission *Apollo*, dix-septième du nom, nous ne faisons que l'admirer de loin. Mais c'était sans compter sur l'ambition des Américains qui sont sur le point de réitérer l'exploit. En développement depuis 2012 et avec déjà près de 50 milliards de dollars dépensés, le programme *Artemis* de l'agence spatiale américaine (*Nasa*) prévoit le retour de l'homme sur notre satellite naturel en 2025 «au plus tôt». Et malgré divers retards et déboires financiers, le projet est bien avancé.

Les Américains ont imaginé *Artemis* autour de 4 éléments principaux: la fusée *Space Launch System (SLS)* doit propulser le vaisseau spatial *Orion*, dans lequel se trouvera l'équipage, sur une trajectoire en direction de la Lune. Arrivé à destination, *Orion* pourra s'amarrer à une station orbitale lunaire appelée *Lunar Gateway*. Les astronautes les plus chanceux embarqueront ensuite dans l'alunisseur *HLS Starship*, qui les emmènera jusqu'au sol de notre satellite naturel.

Parmi tous ces éléments, le super-lanceur lourd *SLS*, qui sera la fusée la plus puissante jamais construite, est presque prêt. Construit par *Boeing*, le «*Mega-Moon rocket*» de 2 875 t pour 98 m de hauteur s'envolera pour la première fois en février 2022. Cette étape correspond à la première mission du programme *Artemis*, *Artemis I*, qui n'emportera pas de passagers. De son côté, le



La fusée *Space Launch System (SLS)* doit propulser vers la Lune le vaisseau spatial *Orion* dans lequel se trouvera l'équipage

vaisseau spatial *Orion* est inspiré de l'architecture de celui de la mission *Apollo*. Il va transporter des astronautes pour un tour de la Lune dans le cadre d'*Artemis II* en mai 2024. Les astronautes seront installés dans un module de commande en forme de cône. Un module de service, financé par l'*Agence spatiale européenne (Esa)* et dans lequel sera rassemblé tout ce qui n'est pas nécessaire au retour sur Terre, viendra compléter l'ensemble. «*Artemis II ira plus loin que n'importe quel humain ne s'est jamais rendu, probablement près de 65 000 km au-delà de la Lune avant de revenir sur Terre*», soulignait en novembre 2021 Bill Nelson, le patron de la *Nasa*.

La Belgique participe

L'architecture du programme américain *Artemis* repose également sur la future station spatiale *Lunar Gateway*, dont certains modules sont fabriqués en Europe. Placée en orbite autour de notre satellite naturel, la station spatiale servira d'intermédiaire entre la Terre et la surface de la Lune, en accueillant des équipages pour une durée allant jusqu'à 42 jours. *Thales Alenia Space (TAS) Belgium* est le seul industriel belge à être impliqué dans le ce programme, et c'est justement pour la station lunaire ainsi que le vaisseau *Orion* qu'il fournit des équipements. *TAS* est en charge de plusieurs modules: l'*European Service Module* du vaisseau *Orion*, et pour la station *Lunar Gateway I-HAB* (espaces d'habitation pour les astronautes et points d'ancrage), *HALO (Habitat and Logistics Outpost)* et *ESPRIT* (module

de communication et de ravitaillement). C'est pour ce dernier module que les équipes d'ingénierie des sites de Louvain et Charleroi travaillent. Elles conçoivent et fabriquent des *Traveling Wave Tube Amplifiers*, c'est-à-dire des équipements destinés à amplifier les signaux qui permettront la communication entre la station *Lunar Gateway* et la surface de notre satellite naturel. De plus, *TAS Belgium* développe à Louvain et fabrique à Charleroi un équipement critique pour la communication de *HALO* et l'alimentation de moteurs pour les antennes sur *ESPRIT*: le *Remote Interface and Distribution Unit*. «*L'exploration planétaire est plutôt une activité de niche pour Thales Alenia Space Belgium, mais nous avons le savoir-faire, la force de frappe et la volonté pour développer ce segment*», contextualise Ina Maller, CEO de *TAS Belgium*.

Un alunisseur signé SpaceX

Enfin, l'alunisseur est un élément très important puisqu'il doit permettre de transporter les astronautes depuis la station orbitale lunaire jusqu'à la surface de la Lune. En avril 2021, le développement de ce *Human Landing System (HLS)* a été confié à l'entreprise privée *SpaceX* et les premiers essais auront lieu en 2022. Dans les exigences de la *Nasa*, *SpaceX* doit notamment réussir un alunissage sans équipage. Une opération périlleuse dont la date n'est pas encore fixée... Si tous les résultats sont concluants, le *HLS Starship* emmènera 2 astronautes parmi les 4 de la mission *Artemis III* - dont la première femme - depuis la station *Lunar Gateway* jusqu'au sol lunaire pour une petite semaine.

À noter que pour mener à bien le programme *Artemis*, la *Nasa* investit également beaucoup dans la modernisation de ses installations au sol, qui permettront de communiquer depuis la Terre avec les engins spatiaux de l'environnement lunaire. Le complexe de lancement 39 du centre spatial *Kennedy* (Floride), d'où doit décoller la fusée *SLS*, a été modernisé, tout comme le réseau d'antennes *Deep Space Network* (Californie, Espagne, Australie). Un nouveau réseau, le *Lunar Ground Station*, devrait aussi être créé. De plus, 2 nouvelles combinaisons spatiales sont en cours de développement. La première baptisée *Exploration Extravehicular Mobility Unit (xEMU)*, optimisée pour marcher sur la surface lunaire, est en cours de tests dans la Station spatiale internationale et en milieu aquatique sur Terre. Sa particularité ? Elle peut s'adapter à différents types de morphologies d'hommes... et de femmes. Le deuxième attirail est une mise à jour de l'emblématique combinaison orange «citrouille» que les astronautes de la *Nasa* ont portée de 1981 à 2011. Appelée *Orion Crew Survival System*, elle servira lors du lancement dans l'espace et du retour sur Terre.



Ambitions sino-russes

Parallèlement au programme américain de (re)conquête de la Lune, d'autres nations s'intéressent à notre satellite naturel. «*Côté russe, beaucoup se dit, mais peu se fait*» commente d'emblée Christian Barbier, chef de projet au *Centre spatial de Liège*. En effet, les Russes ont un projet de remplaçant du vaisseau spatial *Soyouz*, et d'un nouveau lanceur *Angara*, mais le manque de moyens laisse ces 2 idées quasiment au point mort. «*La Russie s'est donc tournée vers la Chine pour un partenariat assez naturel, en raison notamment de leurs relations respectives avec les États-Unis. La nature de cette collaboration n'est toutefois pas encore fixée*», complète Christian Barbier. Au printemps dernier, les agences spatiales chinoise et russe ont ainsi lancé un projet de base lunaire (orbitale ou au sol), et l'organisation de vols touristiques autour de notre satellite est aussi dans les cartons. La construction de la base lunaire sino-russe pourrait débuter entre 2026 et 2030, afin d'être habitée de façon permanente d'ici 2040.

Alors que le premier astronaute chinois atteignait à peine l'espace en 2005, l'Empire du milieu possède déjà une station spatiale autour de la Terre: la *China Space Station (CSS)*. Pékin prévoit aussi un lanceur lourd pour la fin de la décennie, et développe déjà son équivalent du vaisseau *Orion* pour desservir la CSS et être utilisé dans le cadre de missions habitées vers la Lune. «*Tout se met en place pour les vols lunaires chinois, et cette concurrence devrait inciter les Américains à maintenir voire accélérer sur le programme Artemis*, analyse Christian Barbier. *Par contre, je parierais plutôt sur un alunissage en 2028 au lieu de 2025, en raison du trop faible budget attribué à la Nasa*».

À noter que l'Europe a, quant à elle, décidé de ne pas développer de système de vol habité, préférant miser sur la collaboration dans le cadre de l'exploration humaine, et se consacrer à d'ambitieuses missions scientifiques robotisées. Toutefois, paradoxalement, l'*Esa* réfléchit déjà à l'après-*Artemis*, et imagine en détails les installations lunaires d'après-demain.

Pour conclure, d'après un audit du Bureau de l'inspection générale de la *Nasa* paru fin novembre, le coût total du programme américain *Artemis* est estimé à 93 milliards de dollars... au moins. Un investissement pharaonique qui, on l'espère pour les États-Unis, en vaudra la chandelle. A

MAIS ENCORE...

TEXTE: THÉO PIRARD · THEOPIRARD@YAHOO.FR

Robots chinois sur la Lune et sur Mars

Pékin marque discrètement de son empreinte l'exploration spatiale grâce à des automates performants. La Chine est la seule nation à manœuvrer des rovers sur le sol lunaire (face cachée) et martien. Depuis le 3 janvier 2019, le *Yutu-2* de 140 kg a parcouru plus d'1 km, transmettant des images et analyses de notre satellite naturel. De son côté, le *Zhurong* de 240 kg manœuvre à la surface martienne sur laquelle il est descendu le 22 mai 2021.

L'Empire du Milieu entend devenir le n°1 dans l'espace avec de grandes ambitions pour cette décennie. C'est ce qu'il annonce - en anglais - dans un Livre Blanc qui a été publié en janvier. Outre l'exploitation autour de la Terre d'un complexe habité qui continuera à s'agrandir avec des modules supplémentaires, il est question de préparer les technologies qui serviront à l'arrivée de taïkonautes sur la surface lunaire.

L'Inde spatiale, victime de la pandémie du coronavirus

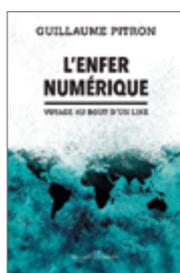
L'*Isro (Indian Space Research Organisation)* a en 2021 dû reporter ses campagnes d'essais et de lancements. L'activité la plus affectée concerne l'ambitieux programme *Gaganyaan* de vols spatiaux habités. Un vaisseau de 8,2 t, destiné à emmener un trio de gaganauts ou vyomanauts, ne pourra être testé en mode inhabité que l'année prochaine. Ce qui repousse à l'horizon 2024 la perspective d'un vol orbital avec équipage. *Gaganyaan* qui consiste en une capsule conique avec un module de service sera satellisé par le puissant lanceur indien *Gslv (Geosynchronous Satellite Launch Vehicle) Mark III*. À la fin de cette décennie, Delhi voudrait se doter d'une station spatiale où se reliaient des équipes d'astronautes indiens.

Jusqu'où accepter la prolifération de satellites ?

Lors d'une récente émission de la *Rtbf*, Benoît Deper, le directeur général et fondateur d'*Aerospacelab*, annonçait que sa société, établie à Mont-Saint-Guibert, pouvait produire jusqu'à 2 micro-satellites par jour ! Or, en 20 ans, la Belgique a réalisé et mis en orbite 4 satellites d'au moins 20 kg: *Proba-1* (lancé en 2001), *Proba-2* (2009), *Proba-V* (2013), *Arthur-1* (2021). *Aerospacelab* a le projet de mettre en œuvre une constellation pour des applications de télédétection spatiale. L'entreprise belge devra affronter la concurrence d'autres systèmes d'observation qui, sous l'impulsion d'investisseurs privés, prennent forme dans le monde. Si toutes les initiatives se concrétisent, on devra faire face à un sérieux problème d'embouteillage au-dessus de nos têtes.



À LIRE



AGENDA

Le mag scientifique

• DU 21 AU 27/03/2022 PARTOUT EN WALLONIE

Printemps des sciences

Le Printemps des Sciences, c'est le rendez-vous de la culture STEM (*science, technology, engineering and mathematics*) en Fédération Wallonie-Bruxelles (FWB) ! De nombreuses activités (ateliers, laboratoires, expériences, démonstrations publiques, conférences...) seront proposées et animées gratuitement par différentes institutions. Cette année, on parle d'«Explorations» en tous genres: que ce soit dans l'espace, au plus profond des océans, sur Terre ou aux confins du savoir... Dirk Frimout, symbole de la Belgique spatiale, parraine cette édition 2022, destinée au public scolaire comme au grand public.

<https://bit.ly/3soTbeB>

• JUSQU'AU 07/08/2022

Exposition T-Rex

Au-delà des images, des films et des mythes, cette expo vous invite à une vraie rencontre avec cet animal fascinant, probablement le plus célèbre des dinosaures. Dès l'entrée, vous tomberez nez à nez avec une femelle T. rex de 67 millions d'années ! Le parcours vous propose ensuite 12 interactifs pour comprendre le travail des paléontologues et découvrir l'époque à laquelle il a vécu, son alimentation, l'origine de ses blessures, ses déplacements... Particulièrement destinée aux enfants dès 5 ans, cette expo, à vivre de manière interactive, fera le bonheur de tous les mordus de dinos !

<https://bit.ly/31WJu4P>

• JUSQU'AU 30/03/2022

Concours Mission sur Mars

Ce concours, qui s'adresse aux élèves du cycle supérieur de l'Enseignement secondaire, consiste à rédiger une lettre de motivation pour participer à une expédition sur Mars en 2030. Elle devra s'appuyer sur des arguments cohérents, des données scientifiques correctes et un concept original. Quel que soit votre domaine de compétence et ce peut être aussi l'Art, la Communication et toutes les différentes disciplines en relation avec les Sciences et la Santé,... comment allez-vous pouvoir justifier que votre présence dans la navette est incontournable ? De nombreux prix sont à la clé !

<https://bit.ly/3GBnGTM>

L'ENFER NUMÉRIQUE: VOYAGE AU BOUT D'UN LIKE Guillaume Pitron - Éditions Des Liens qui libèrent

Le monde «dématisé» du numérique absorberait aujourd'hui 10% de l'électricité mondiale et représenterait près de 4% des émissions de CO₂ de la planète. Or nous peinons à appréhender ces impacts, tant nous sommes embrumés par le mirage du cloud ? Il faut pourtant nous rendre à l'évidence: si «nuage» il y a, celui-ci est noir de pollution. Quelle est la géographie de nos clics et de nos données ? Quels enjeux écologiques et géopolitiques charrient-ils à notre insu ? À l'heure du déploiement de la 5G, des voitures connectées et de l'«intelligence artificielle», cette enquête, menée durant 2 ans sur 4 continents, révèle l'anatomie d'une technologie qui n'a de virtuel que le nom. Et qui, sous couvert de limiter l'impact de l'homme sur la planète, s'affirme déjà comme l'un des défis environnementaux majeurs du 21^e siècle.

ATHENA 355 Janvier-Février 2021

Tiré à 22 250 exemplaires, *Athena* est un magazine de vulgarisation scientifique édité par le Département de la Recherche et du Développement technologique du SPW Recherche.

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

Abonnement (gratuit)

Vous souhaitez vous inscrire, obtenir gratuitement plusieurs exemplaires ou modifier vos coordonnées, 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
athena@spw.wallonie.be

Distribution en Belgique uniquement.

Rejoignez-nous également sur
www.athena-magazine.be
<http://athena.wallonie.be>
[Facebook.com/magazine.athena](https://www.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
db Group.be
Boulevard Paepsem, 11A à 1070 Bruxelles

ISSN 0772 - 4683

COLLABORATEURS
Virginie Chantry, Anne-Catherine De Bast, Jean-Michel Debry, Paul Depovere, Henri Dupuis, Julie Fiard, Manu Houdart, Philippe Lambert, Laetitia Mespouille, Yaël Nazé, Fleur Olagnier, Théo Pirard, Jean-Claude Quintart, Jacqueline Remits, Nadine Sahabo

DESSINATEURS
Peter Elliott, Olivier Saive, SKAD, Vince

RESPONSABLE DU DÉPARTEMENT
Jean-François HEUSE
Inspecteur général f.f.

ÉDITRICE RESPONSABLE
Isabelle QUOILIN
Directrice générale

COUVERTURE
Première
Crédit: ©VIAR PRO studio - stock.adobe.com

Quatrième
Crédit: Vectorium/Freeepik

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



It's time to move up a gear!



BEWARE Fellowships programme promotes the international mobility of researchers and allows 75 of them to make 3 years of research into a Walloon SME and a university, or a university college, or a research centre.

This programme is cofunded by the European Commission and the Walloon Region. A budget of 20 million € covering the salary of the researcher and expenses linked to the equipment is available.

Interested? Have a look at www.bewarejobs.be

*Together, let's take up today
the Walloon technological challenges of tomorrow*



This programme has received funding from the European Union under grant agreement 847307 - WICA



Design: C&H - www.candh.com.be - T.A. - 9, boulevard Quai, direction générale, Service public de Wallonie - Economie Emploi Recherche, place de la Woluwe 13 1200 Namur - septembre 2019