

# Horizons

Le magazine suisse de la recherche

136 Mars 2023



Le futur s'illumine  
autour du supercerveau

Page 16

# Aurons-nous bientôt un smartphone dans la tête?



Florian Fisch  
Codirecteur de la  
rédaction

Autrefois, notre âme était encore immortelle, du moins celle de l'esprit, l'*anima intellectiva* d'Aristote. René Descartes considérait, lui aussi, notre monde spirituel intérieur – la *res cogitans* – comme encore clairement séparé de notre corps et donc aussi du monde matériel. Le corps était alors marqué par la vie. L'âme était protégée des attaques de ce monde.

Aujourd'hui toutefois, le matérialisme s'est imposé comme philosophie courante. Notre esprit devient le produit du cerveau, et donc de notre corps. Il devient ainsi tout aussi vulnérable et exposé aux influences extérieures que notre enveloppe physique. Un minuscule caillot de sang peut provoquer une attaque cérébrale qui entraîne un changement massif de personnalité.

Et voilà que la médecine s'immisce aussi dans notre esprit. Dans notre dossier, nous montrons comment cela commence de manière anodine par le jogging cérébral et l'entraînement à la pleine conscience, passe par des substances stimulantes, le neurofeedback et la stimulation magnétique, pour finir par l'implantation d'électrodes dans le cerveau.

Une patiente gravement dépressive sourit soudain après l'opération. Ainsi, la frontière entre notre monde intérieur et le monde extérieur s'estompe. Nous ne savons plus qui sourit: la patiente ou la neurologue qui règle correctement l'électrode? Et ces implants, déjà utilisés en routine pour traiter la maladie de Parkinson, ne font que nous donner un avant-goût de ce qui va probablement arriver bientôt: les interfaces entre le cerveau et l'ordinateur.

L'entreprise Neuralink les développe pour mieux traiter les maladies du cerveau. Mais l'étape vers le pilotage d'appareils et la réception d'informations sera bientôt franchie. Des électrodes placées sur le crâne permettent déjà de commander un ordinateur. Qui sait, peut-être qu'un jour les fonctions de notre smartphone seront directement implantées dans notre cerveau. L'utilisation serait bien plus rapide qu'avec nos dix doigts et aucun écran ne risquerait de se briser. Une perspective effrayante? Dans tous les cas, nous ferions bien de nous forger une opinion à ce sujet.



## Recherche aux confins du cerveau

16 [Guérison par la chirurgie](#)

La stimulation cérébrale profonde, objet de controverses

18 [Dépression grave](#)

Une patiente raconte comment son implant cérébral l'aide

20 [Dopage de l'organe de la pensée](#)

Six projets pour un supercerveau

24 [Pionnier de la neuroréhabilitation](#)

Rencontre avec Grégoire Courtine

26 [Eternellement insaisissable](#)

La conscience reste mystérieuse

A g. et couverture: Les électrodes signalent le contact avec le crâne par des lampes de couleur. Les flux cérébraux mesurés ainsi servent au diagnostic, à la recherche et à piloter des appareils

4 [En image](#)

Reproductions faussées du dodo

6 [Nouvelles de politique scientifique](#)

Mission contre les fake news, vote pour la collaboration et rébellion contre les publications

10 [Actualités de la recherche](#)

Comment réduire les cauchemars, plaies fermées à la super-colle et mini-robots réparateurs spatiaux

13 [Comment ça marche](#)

Quand chaleur et froid proviennent du garage souterrain

30 [Reportage](#)

Tout pour les colibris! Une visite aux fleurs multicolores de la serre tropicale



34 [Stéréotypes de l'humour](#)

Pourquoi les hommes plaisantent et les femmes en rient – ou pas?

36 [Au secours du maïs et du blé](#)

Ombre et génie génétique dans l'arsenal contre la sécheresse

38 [Amère lutte pour l'argent](#)

Ce qu'un arbitrage pourrait apporter en cas de divorce

39 [Attention contagieux!](#)

Les fourmis soignent leurs sœurs malades malgré le risque d'épidémie

40 [Recherches avec la Chine et la Russie](#)

Les coopérations internationales reposent sur des pieds d'argile

42 [Voyage au Tessin](#)

Grâce au tunnel du Ceneri, la recherche du canton du sud vit un développement fulgurant

46 [Portrait](#)

Maryna Viazovska écrit l'histoire actuelle en mathématiques



48 [Les pages des éditeurs](#)

50 [Vos réactions/Impressum](#)

51 [Débat](#)

La croissance de la population mondiale doit-elle cesser?

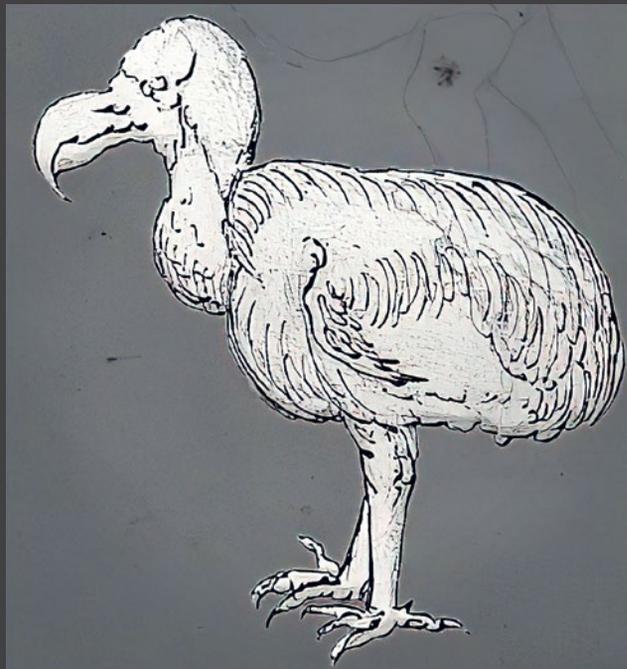
## Les faux dodos

Une double parade de dodos étonnamment variée défile devant nous. Autant le *raphus cucullatus*, en haut tout à droite, est coloré et charnu, autant son cousin, deux photos plus loin sur sa gauche, est brun miel et se pavane. Et pourtant, toutes les représentations montrent la même espèce de columbiforme de l'île Maurice, disparue en 1690. «C'est comme dans le jeu du téléphone arabe. Les erreurs s'accroissent d'un dessin à l'autre», note le graphiste Oliver Hoop. Pour un projet de Bachelor en recherche artistique, il a établi une infographie des représentations du dodo, créées entre le XVIIe et le XIXe siècle.

Les dodos numéros 2 et 3 sur la première ligne proviennent tout de même d'oiseaux originaux, ayant vécu libres de leurs mouvements dans de grandes ménageries. Oliver Hoop identifie la variante tout en haut à droite, de la plume du peintre hollandais Roelandt Savery, comme «l'ancêtre» des fausses représentations. «Selon certaines sources, ce dodo vivait en cage sur un bateau. Il devait être malade et avoir le foie gras, car il était probablement nourri aussi de viande.» Sa silhouette serait déformée. «On le voit aussi à son cou très courbé.» Le dodo de Roelandt Savery de 1626 a marqué notre image de l'oiseau disparu incapable de voler. Le dessin tout en bas à gauche en est une copie et tous ceux à sa droite en sont à leur tour des copies. «Il semble que chacun des artistes ait laissé libre cours à sa créativité et que tous se soient dit: il existe tant de versions différentes, maintenant je vais faire la mienne», commente le graphiste. Le faux de l'époque est devenu viral.

Pour la recherche, ce «copiage sauvage» pose problème. «C'est pour cela, et parce qu'il n'existe que deux ou trois modèles de dodo conservés, qu'il est devenu un mystère, comme les dinosaures», note Oliver Hoop. Ce cas montre «pourquoi un illustrateur scientifique se doit d'être si méticuleux». Connue comme «le type du dodo» pendant ses études à la Haute école des arts de Zurich, le graphiste a continué à se pencher sur les reconstructions de l'oiseau mauricien, à l'aide de l'intelligence artificielle et d'imprimantes 3D.

Judith Hochstrasser (texte), Oliver Hoop (image)

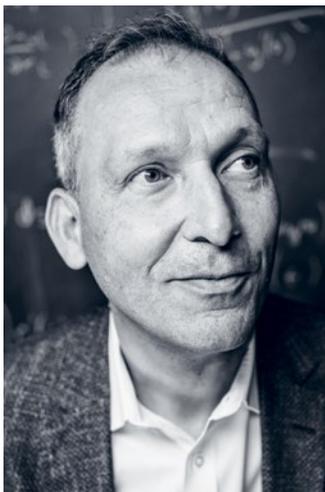




Lu et entendu

# «Je pourrais parler deux heures de mes seules erreurs.»

Photo: Paolo Dutton/13 Photo



Dans une grande interview au Tages-Anzeiger, **le directeur retraité de la recherche de la Nasa Thomas Zurbuchen** fait le bilan des six années passées à l'agence spatiale américaine. Il a notamment reconnu avoir pris quelques mauvaises décisions et s'être ainsi créé lui-même des problèmes. Dans un entretien empreint de franchise, le **physicien suisse se montre aussi fier de ses réalisations** et conclut: «Dans le domaine scientifique, il n'y a pas d'autre poste comme celui-ci dans le monde.»

## UE: liberté académique à mieux préserver

Le Parlement européen a créé un chien de garde pour la liberté scientifique: le Forum de la liberté académique en Europe doit concrétiser des mesures destinées à protéger les scientifiques contre les attaques d'Etats ou d'autres acteurs. Et il doit rédiger un «rapport annuel vraiment indépendant sur la situation de la liberté académique en Europe», a déclaré Roberta Metsola, la présidente du Parlement de l'Union européenne, rapporte Science Business.

La plateforme en ligne précise que l'initiative de ce forum revient au politicien allemand Christian Ehler, qui met en garde très clairement: «L'érosion de la liberté académique représente une menace mortelle pour notre avenir commun en Europe.» L'indice annuel des libertés académiques des universités de Göteborg et d'Erlangen-Nuremberg pour 2022 montre que ces libertés ont reculé dans 19 pays par rapport à 2011. En Europe, la Pologne et la Hongrie occupent les dernières

places. La Hongrie s'était déjà fait remarquer de façon particulièrement négative en adoptant une loi ignorant la Charte des droits fondamentaux de l'UE, qui a contraint l'Université d'Europe centrale créée par George Soros à quitter Budapest pour Vienne.

«L'érosion de la liberté académique représente une menace mortelle pour notre avenir commun en Europe.»

Le rapport annuel 2022 de l'ONG Scholars at Risk qui s'engage pour les scientifiques persécutés dans le monde énumère divers incidents survenus dans des Etats membres de l'Union européenne.

La Charte des droits fondamentaux de l'UE n'est pas juridiquement contraignante.

Kurt Deketelaere, secrétaire général de la Ligue européenne des universités de recherche, a «regretté» sur le site de Research Europe que la Commission européenne considère en majorité que la liberté académique est du ressort des institutions de formation et «renâcle à intervenir».

L'Union européenne tente désormais de trouver une autre voie pour protéger cette liberté. *jho*



### La science donne des arguments. Recommandez Horizons!

Horizons vous informe quatre fois par an sur le monde suisse de la recherche scientifique. Abonnez-vous ou offrez un abonnement à vos amis et à vos amies – c'est gratuit.

Pour vous abonner à l'édition papier, c'est ici:  
[revue-horizons.ch/abo](http://revue-horizons.ch/abo)  
[horizonte-magazin.ch/abo](http://horizonte-magazin.ch/abo)



# «Faire de la politique avec des fake news est révoltant»

Catherine Gilbert est Verification Officer depuis octobre 2020 à l'agence de presse suisse Keystone-ATS. Un poste créé à son arrivée.

## Catherine Gilbert, que fait une Verification Officer?

J'examine si des affirmations dans des posts publiés sur les médias sociaux sont correctes. En étroite collaboration avec la Deutsche Presseagentur DPA et l'Austria Presseagentur APA, nous rédigeons des vérifications de faits, surtout pour Meta. En 2022, nous avons de plus organisé des formations sur la vérification numérique à l'intention des journalistes suisses, un projet soutenu par Google.

## Comment fonctionne cette vérification?

Soit l'IA de Meta nous envoie des posts douteux, soit nous faisons nous-mêmes des recherches en nous concentrant sur les affirmations factuelles. Les résultats de nos recherches sont ensuite publiés en ligne et mis en lien avec le post concerné sur le média social.

## Comment procédez-vous avec les études scientifiques mises en lien?

Nous examinons si l'auteur du post est en relation avec certains mouvements sociaux. Parfois, les études citées sont si pointues que nous ne les comprenons pas et il faut consulter des spécialistes. Cela permet souvent de montrer que l'interprétation d'une déclaration est fautive. Pendant la pandémie, les preprints sans revue par les pairs posaient un problème par-



Catherine Gilbert repère les fausses informations sur Facebook et Instagram et explique pourquoi elles le sont. Photo: mäd

ticulier. Ils peuvent émaner d'autrices sans compétences particulières et n'ayant pas de rapport avec la discipline de l'article.

## Combien êtes-vous dans l'équipe?

Nous sommes 30 vérificatrices au total, avec DPA et APA. En Suisse, je suis seule pour le

moment. Mais nous nous épaulons bien et travaillons en équipe.

## Comment la vérification est-elle financée chez Keystone-ATS?

Principalement par les entreprises technologiques elles-mêmes. C'est pourquoi nous travaillons à asseoir plus largement notre offre. La crédibilité est centrale pour beaucoup d'entreprises. Les formations proposées sur ce thème rencontrent aussi un fort intérêt.

## Comment peut-on mieux détecter la désinformation?

Il faut se montrer critique, penser logiquement et recourir à d'autres sources sérieuses. D'ailleurs: la plupart des personnes consomment les contenus des médias sociaux sur leurs téléphones mobiles où tout est si petit qu'il est très difficile de déceler les erreurs. Ce sont surtout les manipulations d'images ou de vidéos qui passent inaperçues.

## Votre travail est une goutte d'eau dans la mer. Où trouvez-vous votre motivation?

(Elle rit) Ce travail est très intéressant car on apprend sans cesse de nouvelles choses, tant au niveau technique que du contenu. Je trouve révoltant de faire de la politique en ayant recours à de fausses affirmations. Mon travail m'apporte beaucoup, parce que nos vérifications permettent de les démasquer et contribuent à une meilleure évaluation des informations. jho



La nébuleuse de la Carène observée par le télescope James-Webb.

## La protection des données des télescopes devrait tomber

Les scientifiques qui ont fait des observations avec le télescope spatial James-Webb bénéficient d'un délai de protection d'un an, durant lequel l'analyse des données récoltées leur est réservée. La pratique est questionnée par des astronomes pour qui elle serait contraire à la politique open data annoncée par Washington en août 2022. La Nasa, financée par l'Etat et principal soutien de James-Webb, veut réduire le délai à six mois et peut-être le supprimer ultérieurement. Dans le Scientific American, l'astronome Jason Wright a résumé ainsi les contre-arguments: les personnes ayant réservé le télescope publieraient leurs résultats sous stress afin de ne pas être précédées par d'autres. La qualité en souffrirait et les scientifiques ayant d'autres obligations (enfants, enseignement) seraient désavantagés. jho

# Halte au système de publication

«Cessez de féliciter vos collègues pour avoir publié dans des revues à haut facteur d'impact»: cet appel, lancé dans la revue indienne en ligne *The Wire Science* par neuf jeunes scientifiques, n'est pas passé inaperçu. Selon eux, «le système de publication actuel nuit à la recherche. Un changement radical s'impose.» Ils suggèrent par exemple aux chercheurs et chercheuses de ne plus céder leurs droits d'auteur aux maisons d'édition et demandent aux institutions de recherche de rendre publiquement hommage aux prestations de sites pirates tels que *Sci-Hub*, qui diffusent du savoir.

Adam Mastroianni, postdoc à la Columbia Business School, abonde dans le même sens. Dans son blog «*Experimental History*», il se penche sur l'échec colossal de l'expérience de la révision par les pairs. Selon lui, le système donne une fausse impression de sérieux qu'il n'est pas en mesure de garantir. Avec un

nombre estimé de 15 000 années d'expertise par an, il y voit en outre une pure perte de temps. Il a tout de suite testé sa solution: «J'ai publié un article le mois dernier, c'est-à-dire que j'ai téléchargé un PDF sur Internet.» Selon lui, l'écho a été plus important que lors de son dernier article paru dans la «prestigieuse» revue *PNAS*.

*ELife*, une autre revue spécialisée, a pour sa part procédé à des réformes plus modérées: elle ne diffuse plus que des articles déjà pré-publiés. Si la rédaction décide de faire expertiser un texte, il est publié dans tous les cas. La révision par les pairs et une éventuelle prise de position des auteures accompagnent par ailleurs sa publication. C'est ensuite à elles de décider si elles veulent modifier l'article, le soumettre à nouveau ou le déclarer comme version finale.

Reste à savoir pour quelle raison on félicitera encore ses collègues à l'avenir. ff

## Un chatbot met le corps enseignant en difficulté

L'intelligence artificielle a franchi une nouvelle étape. Un **chatbot optimisé** de l'entreprise OpenAI a fait fureur à fin 2022. Doté d'une interface utilisateur simple, ce générateur de texte a été si bien entraîné au langage naturel qu'il peut désormais non seulement écrire des lignes de programmation **sur commande** mais aussi **rédigé des poèmes ou des textes de chansons**. «C'est très impressionnant», a déclaré à *Wired* Christopher Potts, professeur de linguistique à l'Université Stanford. C'est une bonne nouvelle pour les étudiantes qui doivent livrer rapidement une petite dissertation sur un thème, mais **une mauvaise nouvelle** pour les enseignantes qui doivent les évaluer. Christopher Potts s'interroge: «Que faire dans les cours où jusqu'à présent je demandais de courts textes pour évaluer les compétences?» ff

### Situation d'urgence





## «Nous avons besoin d'une culture de la collaboration»

Lors d'une table ronde organisée par des doctorantes et des postdocs, nous avons discuté de la question suivante: comment pouvons-nous développer une meilleure culture de la collaboration dans un système axé sur la concurrence? Pour moi, cela a confirmé une fois encore que la jeune génération souhaite une nouvelle culture, et ce, plutôt indépendamment de la discipline. Lors d'une discussion avec d'éminents professeurs, ceux-ci avaient toutefois estimé que la recherche était en fin de compte un travail individuel, au plus tard au moment de la rédaction des textes.

L'image de la chercheuse géniale aux brillantes idées reste fortement ancrée, en particulier dans les sciences humaines. On oublie trop facilement que la recherche a toujours été un travail collectif. Notre travail s'appuie sur des travaux antérieurs réalisés par d'autres et, dans le meilleur des cas, nous le développons dans un échange constant avec des collègues et des étudiantes. Cela permet notamment de mettre en évidence nos propres lacunes.

La collaboration telle que nous la connaissons bien jusqu'à présent veut que l'on échange des données, répartisse la rédaction des chapitres, partage ici ou là des résultats de recherche et échange des feedbacks. Actuellement, je travaille avec deux collègues d'Allemagne à une édition spéciale pour un journal. Nous allons un peu plus loin: nous avons écrit l'introduction en simultané dans un document partagé. Ce qui nous a permis de réagir immédiatement, de nous compléter et de comparer. Cela représente un travail intensif, car on s'expose immédiatement à la réaction des autres. Il faut pouvoir gérer les conflits et les différentes perspectives. Cela exige une culture de l'estime, de la franchise et du respect. Les prestations individuelles passent ici évidemment au second plan.

Lors de la table ronde, nous étions d'accord: une bonne collaboration est motivante – et apporte des résultats. Ainsi, notre édition spéciale a été recommandée pour publication sans autre remaniement. Malheureusement, dans le stress et les contraintes du système actuel de la recherche, il manque souvent le temps et l'espace pour développer et exercer une telle culture de la collaboration.

**Hannah Schoch**, doctorante en études américaines à l'Université de Zurich, coprésidente d'actionuni et responsable de programme du think tank Reatch, s'engage pour le corps intermédiaire.

# 29%

des scientifiques d'Europe ne font que **peu ou pas du tout confiance** à leur institution pour maintenir un haut niveau **d'intégrité scientifique**. Selon le Nature Index de janvier 2023, 34% seulement ont entièrement ou grandement confiance. Aux Etats-Unis, la confiance est un peu plus élevée. Plus de 60 000 chercheuses ont été interrogées pour ce sondage. Les coauteurs dont **les noms apparaissent de manière imméritée sur les articles scientifiques** – les auteurs honoraires – ont été cités comme problème principal. *ff*

## Le narratif

«Nous vivons dans le narratif ukrainien de cette guerre.» L'affirmation, faite lors de l'émission radio «Echo der Zeit» de la SRF en mars 2022, est exemplaire de la manière dont ce concept est utilisé aujourd'hui par les médias: comme expression du récit **d'un des camps avec une perspective particulière** sur un conflit.

Le concept est issu des sciences culturelles. Le **philosophe français Jean-François Lyotard** a défini les principaux courants de la philosophie occidentale, **tel celui des Lumières, de «grands récits**, qui présentent une perspective narrative particulière sur des événements et des époques spécifiques». Ce concept a donné en anglais les «grand narratives» et en allemand les «Meistererzählungen». Rapidement, des **idéologies comme le communisme ou le national-socialisme** ont aussi été considérées comme **faisant partie de ces grands récits**. Dans toutes les communautés, il existe de telles histoires qui, avec une certaine perspective, maintiennent leur cohésion, mais **excluent toute personne ayant un autre point de vue**. Ce qui nous amène au narratif actuel: il maintient les forces des unes, mais déclare celles des autres comme étant maléfiques. *jho*

## De beaux rêves grâce au conditionnement

Beaucoup de gens font des cauchemars chaque nuit. Par chance, ce n'est pas une fatalité. Pendant des séances de **thérapie par répétition d'imagerie mentale**, ces personnes réécrivent leurs mauvais rêves en belles histoires à l'état d'éveil, et elles pénètrent progressivement dans leurs rêves. Mieux encore: des scientifiques de l'Université de Genève ont fait écouter un son à 18 personnes pendant qu'elles s'exerçaient à leurs récits positifs. Puis, ce son leur a été rediffusé pendant **la phase REM** du sommeil, au cours de laquelle se produisent les cauchemars. Après deux semaines, leur fréquence était devenue quasiment nulle. Un groupe de contrôle, traité de manière conventionnelle, en a fait quatre fois plus.

«Cette nouvelle thérapie pourrait convenir au traitement **d'autres troubles du sommeil**, tels l'insomnie ou ceux liés au stress post-traumatique», note Lampros Perogamvros, directeur de l'étude. *yv*

S. Schwartz et al.: Enhancing imagery rehearsal therapy for nightmares with targeted memory reactivation. *Current Biology* (2022)

## Bactéries mieux détectées

Comme les poils d'une brosse à dents, mais des millions de fois plus petits. C'est ainsi que le biologiste moléculaire François Huber décrit des brins d'ADN sur une bande de silicium – la pièce maîtresse d'un nouveau nanocapteur qui permet de détecter les septicémies en quelques heures. «Cela accélère énormément le diagnostic», note Adrian Egli, responsable médical du projet.

La culture des bactéries pendant de longs jours n'est plus nécessaire. De petits morceaux spécifiques aux bactéries se fixent sur ces brins et les infléchissent d'un millionième de millimètre, ce qui peut être détecté par rayon laser. Ce test réagit déjà à seulement 20 bactéries par millilitre de sang. Selon le premier auteur François Huber, la méthode convient pour détecter toute infection. Elle a été développée par l'Hôpital universitaire de Bâle, l'Hôpital pédiatrique universitaire des deux Bâles et le Swiss Nanoscience Institute. *yv*

F. Huber et al.: Rapid Bacteria Detection from Patients' Blood Bypassing Classical Bacterial Culturing. *Biosensors* (2022)



Des vers prédateurs projettent une bave qui peut servir d'exemple de super-glu. Photo: Alexander Bär

## Bave de ver comme super-colle

Une sorte de colle intelligente, c'est le rêve de Yendry Corrales-Ureña et Fabienne Schwab qui travaillent sur les mucus de brachiopodes à l'Université de Fribourg. Ces vers prédateurs sur pattes issus du Costa Rica capturent des insectes en projetant un mucus qui colle rapidement sur leurs victimes quand elles se débattent. Pour les scientifiques, un biopolymère à durcissement rapide inspiré de cette méthode pourrait avoir bon nombre d'applications. Par exemple, pour fermer des plaies chirurgicales de façon plus ciblée qu'avec les adhésifs biomédicaux qu'il faut coller aux tissus mous, y compris dans des environnements humides.

À la recherche des mécanismes de séchage de la bave, les chercheuses ont découvert qu'elle contenait des particules de carbonates et de phosphates qui se dissolvent quand on les touche rapidement. «Nous avons investi-

gué le phénomène des semaines durant pour comprendre que la clé réside dans le dioxyde de carbone, note Fabienne Schwab. Les carbonates et les phosphates se dissolvent et interagissent dans une réaction acide-base. Comme avec la levure chimique, le carbonate est décarboxylé, du CO<sub>2</sub> est libéré et accélère le séchage du mucus.» Mais il reste plusieurs étapes à franchir pour que les biopolymères à base de carbonates et de phosphates fonctionnent. Car le mucus contient beaucoup d'autres substances. «Nous voulons connaître les composants importants pour un durcissement si rapide d'un polymère soumis à des mouvements. Il faut d'autres études, notamment pour tenter de reproduire le mucus et ses fonctionnalités en laboratoire.» *Lia Rosso*

Y. Corrales-Ureña et al.: Encapsulated salts in velvet worm slime drive its hardening. *Nature* (2022)

## Un essaim de mini-robots inspecte les vaisseaux spatiaux

Photo: NOAA



Déchets spatiaux et micro-météorites infligent des dégâts aux vaisseaux spatiaux, repérés jusqu'ici par des **capteurs fixes à l'aide de vibrations**. L'ingénieure en électronique Bahar Haghighat (Université de Groningue) a testé par simulation une solution plus flexible: la détection des vibrations par de multiples **mini-robots rampant sur la coque**. Et si l'un d'eux est abîmé? Pas grave, il en reste plein d'autres. *yv*

B. Haghighat et al.: An Approach Based on Particle Swarm Optimization for Inspection of Spacecraft Hulls by a Swarm of Miniaturized Robots. *Swarm Intelligence* (2022)

## Micro-ARN responsable du trouble bipolaire

Le patrimoine génétique joue un rôle décisif dans le développement d'un trouble bipolaire. De nombreux gènes en sont responsables – dont quelques-uns destinés au codage de ce qu'on appelle des **micro-ARN**. Ces petits fragments de copies du génome contrôlent la fabrication de protéines.

Chez certaines personnes souffrant d'un trouble bipolaire, une lettre du code génétique d'un de ces **micro-ARN est modifiée**, a découvert une équipe de l'ETH Zurich. «Par conséquent, le fragment n'a pas la bonne forme et ne fonctionne plus correctement», explique Gerhard Schratt, qui dirige l'étude.

Conséquence possible: un défaut de production d'un canal destiné au calcium régulant les cellules cérébrales. Selon Gerhard Schratt, cela pourrait contribuer au trouble bipolaire. «Si nous comprenons mieux les mécanismes complexes à l'origine de la maladie, nous trouverons un jour une thérapie pour la soigner.» yv

A. Tielke et al.: Genetic and functional analyses implicate microRNA 499A in bipolar disorder development. *Translational Psychiatry* (2022)

### Point de mire



Photo: NOAA

## Dis, comment se sent-il?

L'artiste belge Armand Henrion a peint plus de 2000 auto-portraits qui pourraient constituer un trésor pour la **recherche sur les émotions**, selon des psychologues des universités de Lausanne et Vienne. Les personnes tests d'une première étude ont vu dans chaque peinture une large palette de sentiments. Jusque-là, les scientifiques utilisaient plutôt des **photos standardisées de visages** exprimant une seule émotion – étonnamment, les œuvres d'art sont bien plus réalistes. yv

L. Müller et al.: A Picture Is Worth a Thousand Words: Emotion Recognition and Qualitative Impressions of Armand Henrion's Self-Portraits Displaying Mixed Emotions. *Art & Perception* (2022)

## Smartvote pousse à panacher, sans changer le scrutin

Sur les plateformes d'aide électorale, les citoyens peuvent découvrir quels partis ou candidates leur correspondent le mieux. Mais en facilitant l'accès à l'information, ces outils en ligne influencent-ils aussi le comportement aux urnes? Une nouvelle étude montre que Smartvote, la plateforme la plus utilisée en Suisse, a finalement peu d'influence sur les scrutins. «En moyenne, 15% à 20% de l'électorat utilisent Smartvote», constate Lukas Schmid, coauteur et professeur de méthodes empiriques à l'Université de Lucerne. «La plupart de ces personnes sont plutôt jeunes, jouissent d'un niveau d'éducation élevé et ont des connaissances et un intérêt politiques préalables importants.» En remplissant un formulaire détaillé dispo-

nible sur la plateforme, elles obtiennent une liste des candidates et candidats dont les idées sont proches des leurs.

### Comportement électoral modifié

Smartvote était disponible dans 21 cantons en 2021. «Nous avons pu montrer que Smartvote n'a certes pas d'influence sur la participation, mais que l'outil modifie le comportement électoral», indique Lukas Schmid. Les scientifiques ont analysé les élections cantonales et nationales entre 1995 et 2018. L'introduction de la plateforme dans un canton n'y a pas accru la participation de manière significative. «On peut en conclure que les personnes qui utilisent Smartvote sont de toute manière déjà enclines à voter.» S'infor-

«L'effet est un jeu à somme nulle pour les partis au pouvoir.»

mer sur une telle plateforme demande également du temps et des connaissances politiques préalables. Cependant, cela augmente la tendance à modifier les listes des partis. Généralement, des candidates et des candidats sont alors ajoutés à la liste d'un autre parti.

«L'introduction de Smartvote conduit donc à une élection plus diversifiée, explique Lukas Schmid. Cet effet est toutefois un jeu à somme nulle, du moins pour les partis gouvernementaux.» Les gains et les pertes de ce panachage finissent en effet par s'équilibrer. «Dans une prochaine étape, nous voulons analyser plus précisément l'impact de Smartvote sur les chances électorales des femmes et des minorités.» Florian Wüstholtz

Christine Benesch et al.: Do Voting Advice Applications Change Political Behavior? *The Journal of Politics* (2022)



Une situation qui peut induire du dégoût.

## La pandémie a renforcé le dégoût un temps seulement

Etre répugné par la foule réduit le risque de contagion. La pandémie a temporairement renforcé ce mécanisme de protection, ont établi des chercheuses d'Agroscope et de l'ETH Zurich. Elles ont présenté à plus d'un millier de personnes de divers pays des photos d'un bus bondé et d'un concert de rock bien fréquenté. Elles en étaient plus dégoûtées durant l'année de pandémie 2020 que plus de deux ans plus tôt. Mais déjà deux ans après – soit étonnamment vite – le niveau initial de dégoût était de nouveau atteint. yv

J. Ammann & A. Berthold: Temporary differences in pathogen disgust sensitivity and the perception of crowded spaces. *Personality and Individual Differences* (2022)

## Des lois qui aident à lutter contre la cybercriminalité

Les cyberattaques qui paralysent les systèmes informatiques compliquent la vie des entreprises et des institutions. Nombre d'entre elles engagent donc des **Computer Security Incident Response Teams** privés pour se prémunir contre de telles attaques, ou du moins pour restaurer l'infrastructure et les données perdues. «En Suisse, le travail de ces équipes n'est **que partiellement réglementé par des lois et des directives**», note la juriste Pauline Meyer de l'Université de Lausanne. La législation est en retard sur l'évolution. Ainsi, les organisations qui recourent à de telles équipes peuvent avoir l'illusion d'être en sécurité. Les scientifiques élaborent maintenant des solutions. La juriste pense à une certification uniforme qui obligerait les équipes à respecter certains standards. yv

P. Meyer & S. Métille: Computer security incident response teams: are they legally regulated? The Swiss example. *International Cybersecurity Law Review* (2022)

# Les humains peuvent comprendre les animaux – un peu

Les livres et les films sont remplis d'histoires d'humains et d'animaux qui communiquent. Dans la vie réelle, nous comprenons, du moins partiellement, ce qu'un porc ou un cheval exprime quand il grogne ou hennit. Actuellement chercheuse à l'Université de Copenhague au Danemark, Elodie Briefer a fait ce constat dans le cadre d'une étude réalisée précédemment à l'ETH Zurich. Pour ce faire, son équipe a enregistré les sons émis par six espèces (cheval, porc, chèvre, bœuf, sanglier et cheval de Przewalski) dans différents états émotionnels.

Elle a ensuite fait écouter de brèves séquences de ses enregistrements à 1024 personnes volontaires. Dans 54% des cas, celles-ci ont fait une distinction correcte entre émotions fortes et faibles. Dans 55% des cas, elles ont reconnu si une émotion était positive ou négative. C'est à peine mieux qu'un résultat aléatoire de 50%. «L'exercice était difficile, commente Elodie Briefer. Les séquences de deux secondes se ressemblaient beaucoup.»

Les taux de reconnaissance de l'intensité des émotions étaient similaires pour toutes les espèces. Il existe par contre de grandes dif-

férences dans les types d'émotions. Alors que 65% des volontaires ont reconnu un hennissement positif ou négatif, la réussite n'était que de 33% pour le cheval de Przewalski. D'après Elodie Briefer, cela montre que les sons qui trahissent des émotions intenses, tels les cris d'avertissement, n'ont pas beaucoup changé au cours de l'évolution. «Les émotions négatives et positives sont toutefois spécifiques à l'espèce.»

Les personnes qui travaillent avec des animaux et qui les connaissent mieux ont livré de meilleurs résultats. Apprendre les cris des animaux est relativement simple, constate Elodie Briefer. «Lors d'exercices avec des étudiantes et des étudiants, le taux de reconnaissance passe de 50% au début du cours à 70% à la fin.» Un entraînement adéquat pourrait permettre aux agricultrices et aux agriculteurs de mieux comprendre leurs animaux à l'avenir. *Simon Koechlin*

J. S. Greenall et al.: Age, empathy, familiarity, domestication and call features enhance human perception of animal emotion expressions. *Royal Society Open Science* (2022)

## Des artistes verts de la survie

Immergée ou livrée au soleil dans une mare asséchée, la fougère d'eau à quatre feuilles est toujours à son aise. Une équipe de l'Université de Zurich a étudié **les astuces** qu'elle utilise à cette fin: en cas de sécheresse, **son horloge interne se met en route** pour coordonner les mouvements des feuilles et de leurs stomates pour économiser l'eau. Fascinant pour le responsable de l'étude, Michael Kessler: «Cette fougère a trouvé au cours de l'évolution des solutions analogues à celles des plantes à fleurs, mais par une voie bien différente.» yv

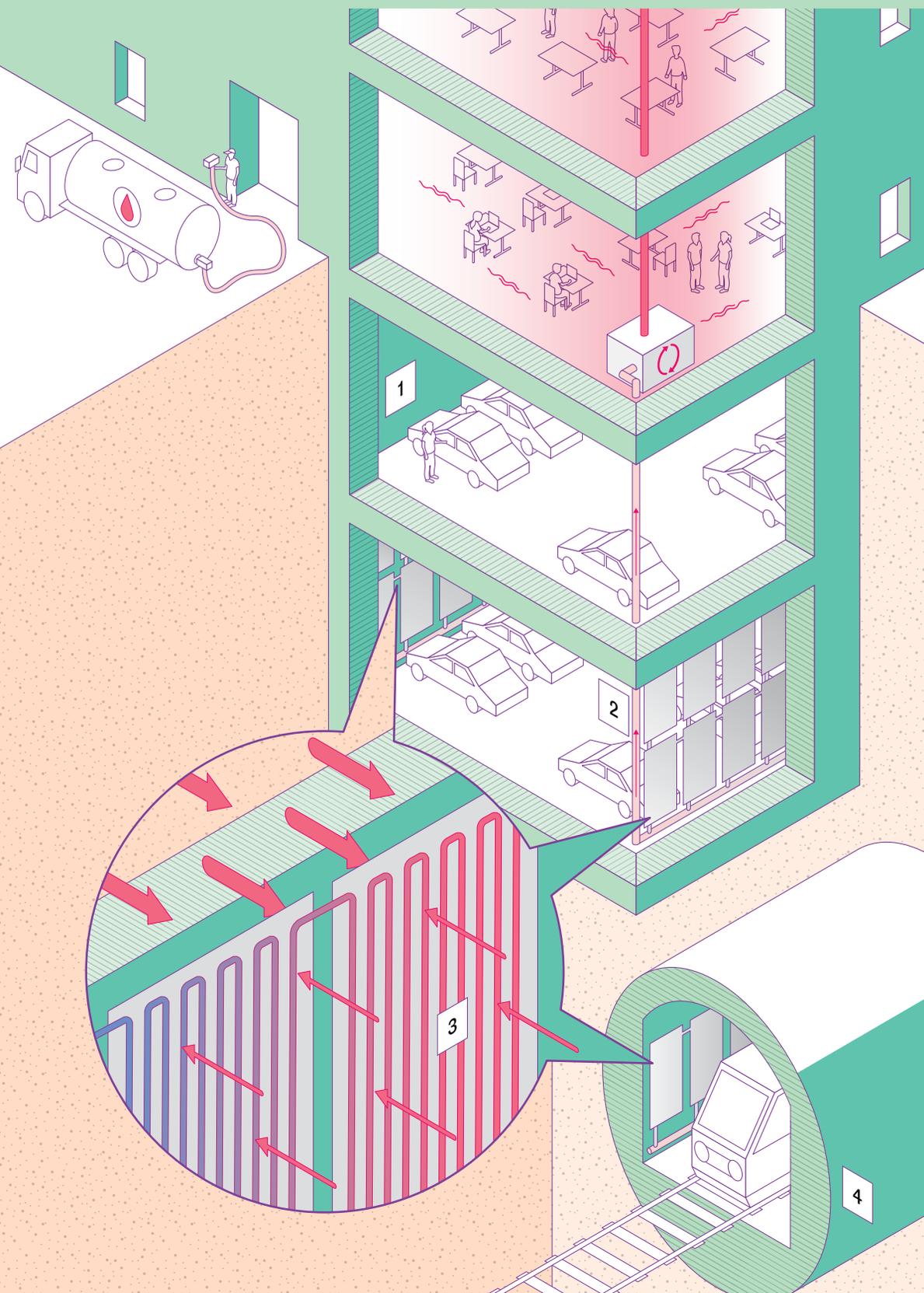
D. Aros-Mualin et al.: Exploring the Ecological Relevance and Variability of Circadian Regulation in Marsileaceae. *American Fern Journal* (2022)



# De l'énergie renouvelable du garage souterrain

Un spin-off de l'EPFL a développé des panneaux qui utilisent la température constante des espaces souterrains pour chauffer et refroidir facilement les bâtiments.

Texte Elise Frioud Illustration Ikonaut



**1 – Situation de départ: la géothermie souterraine**  
Les parkings souterrains ont une température constante. Utiliser cette chaleur permettrait d'économiser de l'énergie fossile.

**2 – L'idée: améliorer les espaces souterrains existants**  
Dans les structures de nouveaux bâtiments, on utilise souvent des tubes d'échange de chaleur pour exploiter la chaleur géothermique proche de la surface. Des scientifiques de l'EPFL ont voulu adapter cette technique aux espaces souterrains déjà existants et ont créé le spin-off Enerdrappe.

**3 – La technique: installer des panneaux sur les murs**  
De fins panneaux en aluminium, fixés sur les murs des locaux souterrains, font circuler un liquide composé majoritairement d'eau dans des tuyaux. Il échange de la chaleur avec l'environnement et alimente une pompe à chaleur qui peut ainsi chauffer ou refroidir un bâtiment. Les panneaux reçoivent environ 80% de la chaleur du mur sur lequel ils sont fixés et environ 20% de l'air ambiant. Des essais grandeur nature dans un parking souterrain ont été nécessaires pour parvenir à une solution qui fonctionne. Les panneaux devaient être optimisés de sorte à pouvoir absorber le plus de chaleur possible du mur tout en offrant le moins de résistance possible au fluide. Il fallait obtenir une différence de température suffisamment importante entre l'entrée et la sortie et le système devait être compatible avec les installations de chauffage existantes. A cette fin, des flux de chaleur ont été simulés sur une période d'exploitation de cinquante ans dans le parking souterrain.

**4 – L'avenir: tunnels et métros**  
Les premières installations dans des parkings souterrains de clients sont prévues début 2023. Par la suite, de tels panneaux pourraient aussi équiper des tunnels ou stations de métro, après adaptation aux différents types de flux d'air dans ces espaces.

Tout l'être se joue dans le cerveau. Pas étonnant dès lors que la médecine, la psychologie et la philosophie de la vie tentent d'optimiser cet organe sans relâche. Et aillent jusqu'aux limites. Nous les accompagnons.

**Des appareils étranges**

Les mouvements de doigts de la personne test sont transmis en direct par un robot au stylo dans son dos et aux lunettes VR. L'équipe d'Olaf Blanke, neuroscientifique à l'EPFL, peut ainsi provoquer des hallucinations et étudier de cette manière les processus du cerveau. Le photographe Matthieu Gafsou a mis en scène les étranges appareils de la recherche sur le cerveau.

Photo: Matthieu Gafsou



# Dans les tréfonds du cerveau

Une électrode placée dans le cerveau vient en aide aux personnes gravement dépressives auxquelles ne reste plus aucune autre solution de traitement. A cause du passé peu glorieux de la psychochirurgie, la méthode est acceptée avec hésitation seulement.

Texte **Santina Russo**

En psychiatrie, l'intervention chirurgicale est un sujet très sensible. Et ce, à cause des médecins qui, jusque dans les années 1970, pratiquaient des lobotomies sur des malades psychiques. Des méthodes alors peu reluisantes: certains enfonçaient des pics à glace dans l'orbite de personnes traitées, détruisant ainsi leurs tissus cérébraux. D'autres introduisaient un fil métallique à travers un trou percé dans le crâne des malades afin de sectionner les voies nerveuses dans le lobe frontal. Car, selon le médecin portugais António Moniz, celles-ci étaient responsables des délires caractéristiques de ces personnes. Il a même reçu le prix Nobel 1949 de physiologie ou médecine pour sa méthode, bien que certaines des personnes traitées y aient perdu une partie de leur personnalité et de leur intelligence. Lorsque la dangerosité de la lobotomie est devenue plus évidente, l'enthousiasme pour la technique s'est envolé aussi vite qu'il était apparu.

Ce sombre chapitre fut clos. Ou pas complètement. Car ce passé peu louable est en partie responsable du scepticisme qui règne toujours à l'égard de la psychochirurgie. Et ce, bien que la méthode actuelle, la stimulation cérébrale profonde (SCP), fonctionne tout autrement. Contrôlée par imagerie par résonance magnétique (IRM), une électrode est implantée dans le cerveau. Elle ressemble à une aiguille à tricoter d'un millimètre de diamètre. En son extrémité, elle génère un champ électrique, destiné à corriger les fonctions cérébrales défaillantes.

Il est en effet désormais acquis que le système de récompense du cerveau est perturbé chez les personnes dépressives. C'est lui qui contrôle la sécrétion de dopamine, l'hormone responsable de l'humeur et de la motivation, dans le cerveau. «Nous supposons que les personnes gravement déprimées perçoivent les récompenses déclenchées par les hormones, mais qu'elles ne sont pas en mesure de traiter ces informations», note Thomas Schläpfer, responsable du service de psychiatrie biologique interventionnelle à la clinique universitaire de Fribourg (D). Contrairement aux gens en bonne santé qui se sentent bien après avoir accompli une tâche, mangé quelque chose de bon ou reçu des félicitations, rien de tel ne se passe chez les personnes en grave dépression.

## Etabli pour la maladie de Parkinson

En Europe, Thomas Schläpfer est celui avec le plus d'expérience en matière de SCP pour les maladies psychiques. Avec son équipe, il étudie les processus cérébraux à l'aide de méthodes IRM et mène des études cliniques avec des personnes en dépression grave. Il a ainsi découvert que chez celles-ci, la structure de la voie de signalisation la plus importante du circuit de la récompense, le faisceau médian du cerveau antérieur, était plus marquée que chez les sujets sains. On sait aussi qu'une région de la taille d'une noisette, au centre du cerveau, le noyau accumbens, est fortement liée à la motivation et à l'impulsion. Les électrodes sont placées dans ces parties du cerveau pour en moduler l'activité électrique.

La méthode n'en est toutefois qu'à ses débuts. Seules quelques centaines de personnes ont été opérées à ce jour dans le monde. Des personnes malades pendant des années, qui ont épuisé toutes les thérapies sans y trouver de soulagement: psychothérapie, médicaments, électroconvulsivothérapie (ECT) – qui consiste à délivrer des chocs électriques dans le cerveau sous narcose –, rien n'a pu les aider. En Suisse, des équipes de l'Hôpital de l'île à Berne et de l'Hôpital universitaire de Zurich traitent chaque année une ou deux personnes touchées. «La méthode est encore mal documentée scientifiquement», note Thomas Schläpfer. Il n'existe que peu d'études cliniques, avec un nombre très réduit de malades qui y participent.

Depuis une dizaine d'années pourtant, la même méthode est un traitement standard de la maladie de Parkinson et d'autres affections neurologiques provoquant des tremblements. Elle contribue alors à soulager les trémulations et les raidissements musculaires. Des centaines de milliers de personnes ont déjà profité de la SCP dans le monde.

En Suisse, l'équipe de neurochirurgie de l'Hôpital de l'île opère chaque année une soixantaine de ces personnes, celle de l'Hôpital universitaire de Zurich une centaine. Lors de l'intervention, deux électrodes sont implantées, non pas dans le circuit de la récompense comme en cas de dépression, mais dans la région des ganglions de la base, responsable de la coordination des mouvements du corps par la motricité fine. Pour le reste, la méthode d'intervention est identique.

## Intervention en état d'éveil

Dans un premier temps, la région cible est identifiée chez tous les malades à l'aide d'une image IRM à haute résolution. Afin de placer précisément les électrodes, les chirurgiennes et chirurgiens utilisent un cadre stéréotaxique. Ce demi-cercle en métal est vissé sur la tête de la personne opérée. Il permet de contrôler l'angle et la profondeur des électrodes, implantées à travers un trou d'un diamètre d'une pièce de 2 francs, effectué dans le crâne. Les électrodes traversent pour l'essentiel la substance blanche du cerveau, exempte de cellules cérébrales.

Selon le cas, la procédure s'effectue sous anesthésie locale ou à l'état éveillé. «Nous y préparons bien les malades et les suivons de près pendant l'intervention», note Christian Baumann, médecin-chef de la clinique de neurologie de l'Hôpital universitaire de Zurich. L'avantage: en état d'éveil, il est simple de trouver les bons réglages individuels du courant électrique. «Le résultat se voit immédiatement dans le cas du Parkinson», dit-il. Avec des impulsions bien ajustées, le corps réagit tout de suite: les tremblements s'atténuent ou disparaissent, les muscles se détendent. La dernière étape de l'opération consiste à relier les électrodes par un câble sous-cutané à un stimulateur électrique, implanté en général sous la clavicule, sous narcose complète cette fois-ci.

Près de 85% des personnes atteintes de la maladie de Parkinson prises en charge à Zurich constatent une nette diminution de leurs symptômes après l'intervention. Laquelle aide également les autres

---

## Stimuler le cerveau de l'extérieur

Il existe aussi des méthodes de stimulation cérébrale non invasives, non chirurgicales. C'est le cas de la **stimulation transcrânienne à courant direct**. De faibles impulsions électriques sont envoyées au cerveau par des électrodes collées sur la tête. Indolore, cette pratique ne nécessite pas de narcose. Utilisée correctement, elle peut renforcer les activités cérébrales existantes. **«On voit notamment un effet sur l'apprentissage»**, dit Nicole Wenderoth, neuroscientifique à l'ETH Zurich. Des essais ont montré que les sujets mémorisaient mieux les informations après la stimulation. Toutefois, «les effets sont généralement modestes». Les premières observations n'ont pas été confirmées en présence de maladies psychiques.

Dans le cas de la **stimulation magnétique transcrânienne** (rTMS), une bobine placée au-dessus de la tête produit un champ magnétique qui traverse la boîte crânienne, stimulant les cellules cérébrales, qui produisent pour leur part des impulsions électriques. **«Cette méthode permet de cibler précisément certaines régions du cerveau»**, explique Daniela Hubl. Elle a cherché à savoir lesquelles étaient impliquées lors de symptômes tels que ceux de la schizophrénie, par exemple quand la personne entend des voix. En cas de dépression, de schizophrénie ou de troubles obsessionnels compulsifs et anxieux, on sait désormais quelles zones moduler au moyen de la rTMS.

Dans certains cas, la méthode apporte des **améliorations mesurables**. Elle a même déjà été intégrée aux recommandations internationales pour le traitement de la dépression. «Une dépression légère à modérée se soigne bien de cette manière», ajoute Daniela Hubl. **Dans les cas graves, la méthode n'est cependant pas assez puissante**. Comme la stimulation cérébrale profonde, la stimulation magnétique transcrânienne fait l'objet d'un intense travail de recherche, notamment en combinaison avec d'autres pratiques thérapeutiques. Daniela Hubl n'exclut pas que la rTMS renforce l'effet de certains médicaments ou psychothérapies. «Les maladies psychiques étant très différentes d'une personne à l'autre, nous avons besoin de tout un arsenal de méthodes pour pouvoir aider chacune d'entre elles.»

personnes traitées, mais dans une moindre mesure. Chez les personnes en dépression, l'effet immédiat de la stimulation est moins évident pendant l'opération. Certes, certaines constatent un changement instantané, décrivant par exemple la manière dont elles se sentent soulagées d'un poids mental. Ce ressenti n'est toutefois pas un indicateur de succès à long terme. «Même les personnes qui n'ont pas vécu un tel moment pendant l'intervention se sentent nettement mieux après deux mois de SCP», note Sebastian Walther, directeur de la clinique de neurosciences psychiatriques à l'Hôpital de l'Ile à Berne. C'est pourquoi, depuis deux ans, les opérations y sont pratiquées sous anesthésie générale. «C'est plus agréable pour les personnes concernées», précise-t-il. Les impulsions électriques sont réglées une semaine après.

## Les préjugés bloquent le développement

L'amélioration des symptômes après l'opération est aussi plus complexe en cas de dépression. Dans une étude clinique en cours, l'équipe de Thomas Schläpfer a constaté que seules deux personnes opérées sur 50 ont réagi à la SCP. Beaucoup vont nettement mieux, ne sont plus suicidaires, se sentent moins malheureuses et ont plus d'élan avec une qualité de vie bien différente d'avant. Toutefois, les personnes opérées ne sont pas guéries et ont en général encore besoin de psychothérapie et de médicaments. A noter cependant: rien n'avait pu les aider auparavant. Les 50 sujets de l'étude vont maintenant être suivis pendant plusieurs années afin de collecter des données sur les effets à long terme.

Ce n'est pas un hasard si les travaux consacrés à la SCP impliquant des personnes souffrant de maladies psychiques sont si rares. Thomas Schläpfer insiste en effet sur leur complexité. A elles seules, les interventions chirurgicales nécessitent énormément de temps et de personnel. S'y ajoutent l'examen préliminaire par imagerie et l'établissement du dossier médical. Enfin, le suivi des sujets de l'étude est également intensif, précisément parce que ces personnes vont mal. «Avec mon équipe de dix personnes, nous pouvons tout juste mener à bien l'étude avec les 50 patientes et patients», note le scientifique. Il serait impossible d'en faire plus. Les études menées jusqu'à présent comptaient généralement moins de 20 individus. Selon Thomas Schläpfer, ce petit nombre est aussi dû aux préjugés envers la méthode. «Nous peinons toujours à trouver des volontaires, car les thérapeutes déconseillent à leurs patientes et patients de participer.» Il a souvent constaté que ces professionnels, mal informés, considéraient la SCP comme dangereuse. Selon l'Hôpital universitaire de Zurich, celle-ci a pourtant l'un des taux de complication les plus faibles en neurochirurgie. De plus, «les personnes traitées ont moins d'effets secondaires qu'avec des antidépresseurs», ajoute Thomas Schläpfer. Il souhaite donc que les thérapeutes surmontent leurs réticences.

Aux services psychiatriques universitaires de Berne, la médecin en cheffe Daniela Hubl rencontre également la stigmatisation des traitements psychiatriques autres que médicamenteux. «Certaines personnes ont beaucoup de peine à comprendre que l'on traite une maladie psychique directement dans le cerveau alors même que les psychotropes agissent aussi sur celui-ci», note-t-elle. Une chose est sûre toutefois: plus un traitement est invasif et plus il doit être utilisé avec prudence. Car même si on peut éteindre les électrodes de la stimulation cérébrale profonde, elles restent implantées à jamais. C'est pourquoi la méthode n'est admise que pour les personnes qui ne peuvent sortir de leur grave dépression par d'autres thérapies.

# «J'ai souri à 10 milliampères»

Il y a six ans, Claudia Meier\* a subi une stimulation cérébrale profonde pour cause de dépression. Elle raconte son parcours et comment elle va aujourd'hui.

Texte Judith Hochstrasser Photo Ulrike Meutzner

«La stimulation cérébrale profonde n'est pas une démarche audacieuse quand on sait ce qu'il y avait avant. Je souffre de dépression depuis l'âge de 6 ans. Quand j'en avais 13, j'ai été hospitalisée pour anorexie. Adulte, l'alcoolisme est venu s'ajouter au tableau. En une décennie, j'ai connu une douzaine d'hôpitaux. J'ai suivi un nombre incalculable de psychothérapies, j'ai fait de la poterie, du tricot, bien que je déteste cela. On m'a donné sans cesse de nouveaux médicaments, qui n'avaient pas l'effet espéré. Un jour, après avoir tout essayé, je me suis rendue dans une clinique où j'ai subi 63 électrochocs. La dose normale est de 15. Que pouvais-je faire d'autre? J'avais épuisé toutes les options, j'étais toujours dépressive chronique et, pire encore, suicidaire, ayant tenté plusieurs fois de mettre fin à mes jours.

Avec le courage du désespoir, je me suis lancée dans des recherches sur Internet et j'ai découvert la stimulation cérébrale profonde. Je me souviens que lors du premier entretien avec le neurologue, il m'a dit qu'il fallait être gravement malade pour pouvoir en bénéficier. Et que c'était difficile, notamment en raison de la caisse maladie. L'intervention coûte près de 250 000 francs.

Avant l'opération, j'avais très peur que l'un des trois professeurs impliqués renonce. On m'a d'abord posé ce cadre stéréotaxique sur la tête, qui permet aux chirurgiens de travailler avec une extrême précision. Le dispositif est vraiment très lourd. Après sept heures d'intervention, durant lesquelles j'étais tout à fait consciente, j'ai pensé: «Peu importe, mais retirez ce cadre.» On ne sent rien dans le cerveau. Mais c'est tout de même étrange que quelqu'un soit en train d'y faire un trou. On entend tout. Vers la moitié de l'intervention, ils ont voulu tester le dispositif de stimulation électrique. Ils ont augmenté la dose progressivement. Soudain, à 10 milliampères, j'ai souri. Je ne peux pas décrire ce sentiment, mais après tant d'années, j'avais produit un vrai sourire! Toute l'équipe dans la salle d'opération était euphorique.

Ensuite, ce fut une période étrange: vais-je bien ou mal? Et il y a eu un incident: ma neurologue s'est absentée et c'est son chef qui s'est chargé de contrôler les réglages. Deux jours après, je faisais une rechute massive. Pour lui, les hauts et les bas étaient normaux. Mais à son retour, ma neurologue a constaté que la stimulation n'avait pas été réglée correctement.

Malheureusement, l'amélioration s'est fait attendre. Désespérée, je me suis rendue chez Exit. Quand il a fallu choisir une date, quelque chose a changé en moi. Je ne supportais pas l'idée de devoir prendre consciemment congé de centaines de personnes. Dès lors, j'ai commencé à faire des progrès modestes mais encourageants. J'ai pris un appartement, j'ai recommencé la noradrénaline et cette fois, l'effet était au rendez-vous. J'ai ressenti le besoin d'avoir de nouveau un chien. Avec mon teckel, beaucoup de choses ont changé. Je ne dirais pas que



Claudia Meier\*, 52 ans, est l'une des premières patientes en Suisse à avoir bénéficié d'une stimulation cérébrale profonde pour soigner une dépression. Sa chienne l'aide à retrouver le chemin vers la vie.

si je vais mieux, c'est uniquement grâce à la stimulation cérébrale profonde. Mais peut-être qu'elle prépare le terrain à d'autres améliorations.

La recharge de la pile du dispositif implanté devant, en dessous de mon épaule, prend environ quarante-cinq minutes. Je l'effectue le matin. Une fois, j'ai souffert d'une hernie discale et ai dû passer une IRM. Il a fallu éteindre le stimulateur. Après quelques secondes déjà, j'étais dans un état très bizarre. Comme si je n'avais plus les pieds sur terre. Je ne sais pas où classer cette sensation. La stimulation cérébrale profonde est installée pour le reste de mes jours. Parfois, je me demande quand même s'il y aura toujours des gens capables de m'aider avec cela à l'Hôpital de l'Ile.

J'ai un effet secondaire rigolo. Quand je me retrouve dans des situations très émotionnelles, les larmes me montent immédiatement aux yeux. Comme récemment, quand j'ai observé un enfant en fauteuil roulant à qui un adulte caressait la tête. Cela ne m'arrivait jamais avant! Comme si j'étais enceinte jusqu'aux yeux! Mais c'est beau de pouvoir ressentir quelque chose.»

\* Nom changé et connu de la rédaction.

Judith Hochstrasser est codirectrice de la rédaction d'Horizons.



Cet appareil effectue des prises de vue à 360 degrés et réalise des enregistrements de sons proches de la réalité. L'équipe du neuroscientifique Olaf Blanke l'utilise pour étudier comment nous naviguons dans la réalité virtuelle.

Photo: Matthieu Gafsou

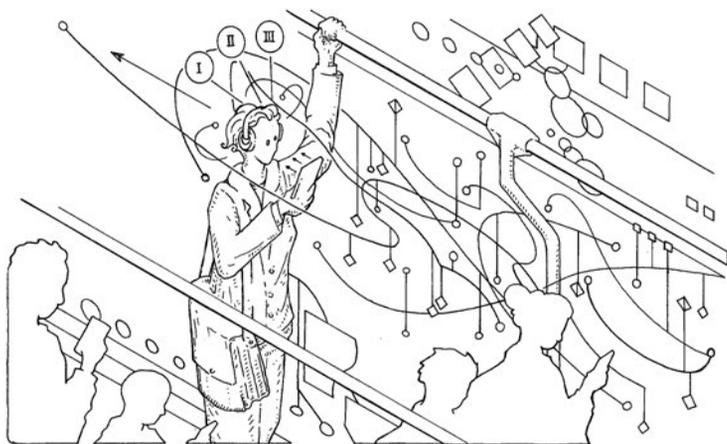
# Dopage des cellules grises

Noms oubliés, incapacité à se concentrer pendant un examen ou pensée plus lente que celle de tous les autres: par chance, il existe des astuces pour améliorer ses performances. Nous avons vérifié si elles tenaient leurs promesses.

Texte Yvonne Vahlensieck Illustrations Peter Bräm

## Jogging du cerveau – jouer doit fatiguer

Sudoku, mots croisés, memory, puzzles: les nombreuses petites applications doivent non seulement divertir, mais aussi améliorer notre capacité de réflexion en général. C'est du moins ce que promet la publicité. Hélas, en réalité, il n'en est rien. Ces mini-jeux n'entraînent toujours qu'une compétence très spécifique qui ne peut être transposée à d'autres tâches. «Ce n'est pas en entraînant son gros orteil qu'on se muscle les bras», illustre Daphné Bavelier, professeure de neurosciences à l'Université de Genève.



Le problème: les techniques mentales que l'on apprend lors de ces petits jeux deviennent des automatismes avec le temps et ne demandent que peu d'efforts aux régions du cerveau chargées de résoudre des problèmes complexes. «Pour un transfert réussi, il faut une activité qui représente un défi pour le cortex préfrontal – et surtout qui reste stimulante», explique la spécialiste.

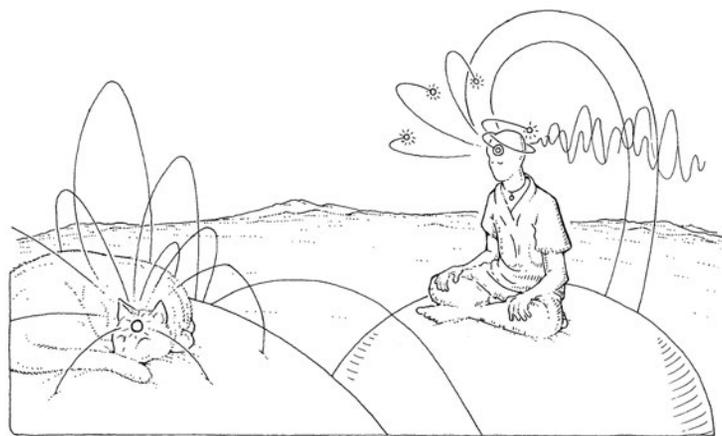
C'est le cas de certains jeux vidéo, comme «Call of Duty», un jeu de tir à la première personne. Ils aident à plonger le cerveau dans l'état souhaité. Ils exigent un passage fluide entre différents états de l'attention: dispersée quand le joueur se déplace dans l'univers imaginaire, concentrée quand il tient ses ennemis en joue. Cela entraîne le contrôle de l'attention, une condition idéale pour apprendre rapidement. L'effet peut se maintenir pendant des mois, surtout si les séances de jeu booster sont régulières. C'est une bonne nouvelle pour les joueuses et les joueurs passionnés même si, selon Daphné Bavelier, de brèves séances d'exercice réparties sur plusieurs semaines fonctionnent mieux. Il ne faut donc pas se lancer dans des marathons de jeu. Pour tirer malgré

tout le meilleur parti des mini-jeux, la scientifique a un conseil: «Choisir ceux dans lesquels on est vraiment mauvais et que l'on trouve éprouvants.» Cette sollicitation du cerveau pourrait avoir un effet positif sur les capacités cognitives en général. Quant à savoir si le jeu reste motivant dans ces conditions, c'est une autre question.

## Entraînement à la pleine conscience – la focalisation fait la différence

«L'entraînement à la pleine conscience est une forme de méditation», explique la psychologue Patricia Cernadas Curotto de l'Université de Genève. «On apprend à se concentrer sur le moment présent, sans évaluer ses perceptions.» La clé de la réussite est de se focaliser sur sa respiration ou sur ses impressions sensorielles. La spécialiste sait, par expérience, qu'une fois cette technique acquise, elle peut être utilisée à tout moment dans la vie quotidienne.

La pleine conscience semble bonne à tout faire: bien-être général, résistance au stress, amélioration de la mémoire de travail ou capacité à résoudre des problèmes complexes. Toujours plus d'études confirment qu'il ne s'agit pas simplement de promesses creuses des prestataires de cours. Il s'avère aussi que les exercices renforcent les connexions dans certaines zones du cerveau.

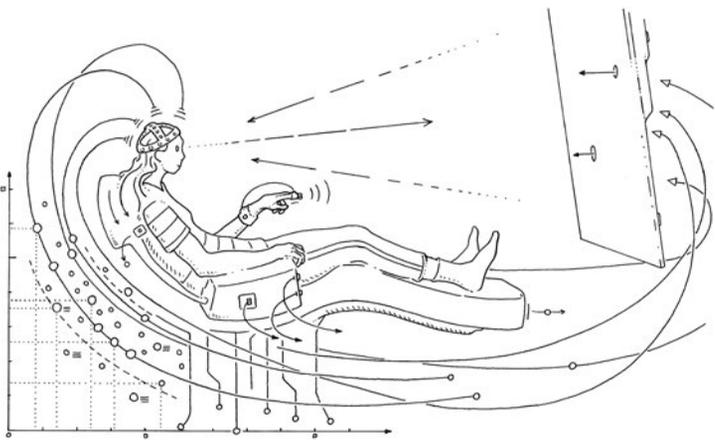


La détente n'y est pas non plus au premier plan. «Il ne s'agit pas de se reposer, mais de se concentrer activement», explique Nathalie Mella, également psychologue à l'Université de Genève. Elle étudie actuellement si l'entraînement à la pleine conscience apporte quelque chose aux enfants à l'école.

## Neurofeedback – pour l’heure utile qu’en thérapie

Etes-vous capable d’activer votre cortex visuel à volonté? Ou d’envoyer davantage d’oxygène dans les zones du cerveau responsables de la mémoire? Ce qui peut sembler impossible ne l’est pas. La plupart d’entre nous peuvent l’apprendre en quelques heures à l’aide du neurofeedback. Pendant l’entraînement, les ondes cérébrales ou l’irrigation sanguine sont mesurées par électroencéphalographie ou imagerie par résonance magnétique fonctionnelle. Le sujet connaît donc en temps réel le degré d’activité de la région du cerveau choisie, par exemple sous forme de barre verte dont la taille augmente sur un écran.

Bien qu’essentiellement étudiée dans le cadre de la thérapie de maladies telles que la dépression, cette méthode fonctionne aussi pour améliorer sa mémoire de travail ou sa perception visuelle, entre autres. Pourtant, «il faut laisser l’église au milieu du village, les données sont encore assez minces», indique Frank Scharnowski. Ce chercheur en



sciences cognitives à l’Université de Vienne participe à plusieurs projets de recherche suisses dans ce domaine. Il n’est pas certain, par exemple, que les capacités acquises soient conservées sans entraînement permanent et il ne sait pas pour combien de temps. De plus, la technologie est compliquée et donc peu pertinente hors contexte médical.

Pourtant, des entreprises technologiques ont déjà pris le train en marche et proposent de mesurer, de façon simplifiée, les ondes cérébrales ou l’irrigation du cerveau par des dispositifs pour la tête. Le feedback est donné via une application. Un fabricant prédit même une «révolution de la santé cérébrale» grâce à son produit. Frank Scharnowski n’en exclut pas globalement des effets positifs. «Mais si, en laboratoire, des méthodes pointues ne nous permettent pas encore de dire avec certitude qu’il existe des effets durables, pourquoi un appareil commercial pourrait-il y parvenir? Personnellement, j’ai confiance dans le fait que cette technologie finira par percer. Mais pour l’instant, je ne dépenserais pas mon argent pour cela.»

## Drogues pour la mémoire – des pilules plus inoffensives que leur réputation

Aujourd’hui, la chirurgie esthétique est un procédé courant pour améliorer son apparence. Pourquoi donc ne pas doper aussi son cerveau avec des pilules sur ordonnance? Pour beaucoup, l’idée est discutable du point de vue éthique. Car cela risque de mettre sur la touche les personnes qui y renoncent en toute honnêteté. Ce sont surtout les

jeunes adultes qui puisent dans la panoplie des substances pharmacologiques pour améliorer leurs performances à l’école, à l’université ou au travail. Un sondage réalisé en 2013 a montré qu’en Suisse environ 4% des étudiantes et étudiants avaient pris au moins une fois du méthylphénidate, une substance similaire aux amphétamines, plus connue sous le nom de ritaline, prescrite en cas de trouble du déficit de l’attention (TDAH). Le modafinil, développé pour traiter la narcolepsie, a aussi la cote. Ces deux psychostimulants influencent avant tout l’équilibre des neurotransmetteurs dopamine et noradrénaline dans le cerveau et ont un effet stimulant.

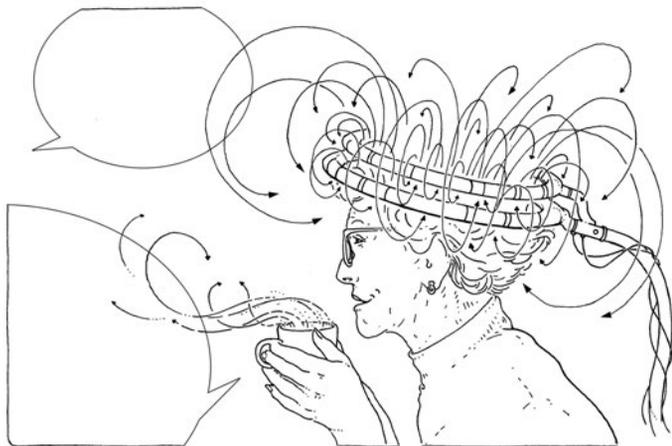
Reste à savoir s’il vaut la peine de doper son cerveau. «L’efficacité de ces substances est comparable à celle d’un espresso», tempère Matthias Liechti, médecin-chef adjoint de pharmacologie clinique à l’Hôpital universitaire de Bâle. «Celui qui a assez dormi ne peut guère améliorer ses performances à l’aide d’un stimulant.» L’avantage concurrentiel serait minime. C’est aussi l’avis d’Annette Brühl, médecin-chef du Centre pour les troubles affectifs dus au stress et au manque de sommeil à la clinique psychiatrique universitaire de Bâle: «Des études montrent que ces produits n’aident qu’à compenser les déficits dus au manque de sommeil, par exemple si on veut étudier toute la nuit. Un effet positif sur d’autres fonctions cognitives, comme la mémoire, n’a pas été démontré.» Selon Matthias Liechti, caféine, méthylphénidate et modafinil sont tous des stimulants bien tolérés et sûrs. «La caféine est simplement mieux acceptée par la société et nous savons d’expérience comment l’aborder.» Les autres substances sont des médicaments délivrés sur ordonnance, ou vendus sous le manteau. Des voix s’élèvent toutefois régulièrement pour en demander la libéralisation. La ritaline comme le modafinil n’ont quasiment pas d’effets secondaires, ce qui plaide en leur faveur. «Les données des adultes qui



prennent de la ritaline depuis des décennies en raison d’un TDAH sont bonnes. Nous n’avons pas constaté d’effets secondaires à ce jour, à part une augmentation possible de la tension artérielle», note Annette Brühl. Le médicament a toutefois un certain potentiel de dépendance. «Si on sniffe les comprimés, ils agissent comme la cocaïne», indique Matthias Liechti. Il faut également bien réfléchir aux conséquences d’une auto-résolution d’un point de vue éthique, selon Annette Brühl. Non pas parce que certaines personnes en tireraient un avantage déloyal – ce qui serait peu probable. Mais par exemple en raison d’un éventuel assouplissement de la protection du travail: les entreprises de transport pourraient alors pousser leurs chauffeurs à prendre des pilules en cas de fatigue au lieu de faire des pauses.

## Stimulation cérébrale – promesses sous tension

Une batterie de 9 volts, des fils, quelques composants électroniques et deux éponges imbibées d'eau salée: cela suffit pour ponter son cerveau. Les éponges fixées autour de la tête du sujet permettent de faire passer un faible courant électrique à travers le cerveau. Selon les personnes qui ont testé la méthode, 2 milliampères suffisent à rendre plus intelligent, plus performant et plus heureux. Soit moins que ce qu'il faut pour allumer une petite lampe LED pendant trente minutes par jour.



Le gadget se vend aussi pour quelques centaines de dollars. La neuropsychologue Anna-Katharine Brem mène des recherches dans ce domaine à l'Université de Berne et au King's College à Londres. Elle déconseille la stimulation cérébrale «maison». Non pas parce qu'elle ne fonctionne pas, mais parce qu'elle n'est pas encore aboutie.

La science a démontré qu'une stimulation électrique avait un effet sur le cerveau. Et même si on ignore encore tous les facteurs impliqués, le mécanisme de base est connu: le courant circule dans les cellules nerveuses, les stimule légèrement, ce qui les rend plus réactives. «On peut imaginer que cela développe progressivement les liaisons nerveuses qui, de sentier, deviennent peu à peu autoroute», dit la chercheuse. De nombreuses études font état des effets positifs de la stimulation transcrânienne à courant continu sur la mémoire de travail, la concentration ou d'autres fonctions cognitives. En laboratoire, les scientifiques utilisent aussi, outre le courant, de brèves impulsions de champs magnétiques produisant un courant électrique dans le cerveau. La tomographie à résonance magnétique leur permet de vérifier qu'ils touchent bien la région visée.

L'effet des appareils à usage domestique reste à démontrer. Les succès rapportés sont anecdotiques et un effet placebo n'est pas exclu. Anna-Katharine Brem met en garde contre les effets indésirables d'une stimulation, en laboratoire aussi, d'ailleurs: «Il ne faut pas oublier que le cerveau n'est pas constitué de pièces individuelles, isolées. Quand on en stimule une région, on influence simultanément tout le réseau de nerfs y lié.» Sans sous-estimer le risque des appareils bricolés: si les électrodes sèchent, elles peuvent provoquer de douloureuses brûlures du cuir chevelu.

## Implants: tous et toutes cyborgs

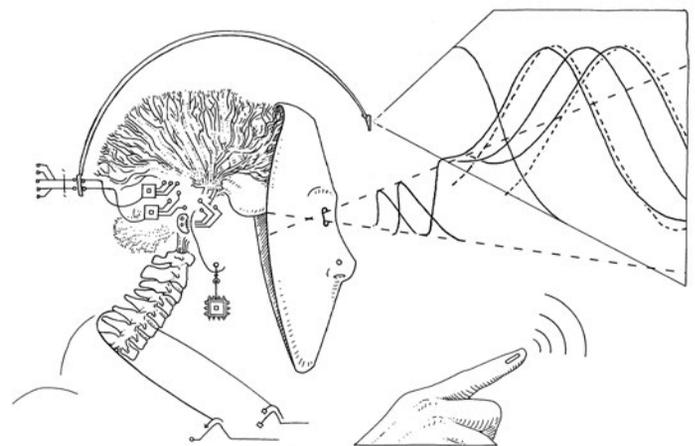
Il y a quelques années, la truie Gertrude était devenue célèbre après qu'un robot chirurgical a placé plus d'un millier d'électrodes ultra-fines dans son cerveau. En présentant en direct l'animal en pleine forme,

Elon Musk voulait prouver à quel point l'implantation des puces électroniques de son entreprise Neuralink était simple. Les essais sur l'humain sont prévus cette année.

Les électrodes peuvent lire des informations sur l'activité du cerveau et stimuler les cellules nerveuses. L'idée est de relier l'être humain à son ordinateur et à son smartphone, sans fil et durablement, pour lui permettre de commander ces appareils par la pensée. Dans une nouvelle présentation de Neuralink, un chimpanzé porteur d'implants cérébraux fait ainsi bouger le curseur d'un ordinateur et joue au jeu vidéo très simple «Pong» sans toucher l'appareil.

Certains y voient une étape de plus vers un nouveau monde prometteur. Elon Musk considère ainsi que nous sommes de toute manière déjà toutes et tous des cyborgs du fait de notre dépendance au smartphone. Une puce dans le cerveau rendrait simplement cette relation plus profonde. D'autres y voient une application de masse précipitée, liée à des risques considérables. Le neurobiologiste Tobias Ruff de l'ETH Zurich doute fortement des systèmes où l'implant décide, de manière autonome, comment il stimule le cerveau: «Quand on ne perçoit pas l'impulsion reçue de l'extérieur, c'est la porte ouverte à la manipulation inconsciente du cerveau.»

Tobias Ruff n'est cependant pas inquiet pour l'avenir proche. «Même si c'est joliment présenté, ce n'est pas nouveau, tant d'un point de vue technique que scientifique.» Selon lui, le placement exact des électrodes n'apporte pas grand-chose puisqu'une stimulation va néanmoins activer sans distinction des milliers de cellules nerveuses tout autour. «En outre, nous ignorons encore comment précisément le cerveau code les informations et où il les enregistre.» Une fusion complète de l'être humain et de la technique reste ainsi pour l'heure du domaine de l'imaginaire. Le scientifique considère cependant que les projets travaillant



à la périphérie du cerveau, sur les organes sensoriels, sont tout à fait réalisables. Dans ces cas, les stimulations peuvent aussi être perçues consciemment. Grâce aux implants cochléaires dans l'oreille, les personnes sourdes peuvent par exemple à nouveau percevoir des sons.

A l'aide d'une antenne implantée dans son crâne, le Britannique daltonien Neil Harbisson reçoit les informations visuelles dans son cerveau par vibrations. Il peut ainsi sentir les couleurs, aussi dans les plages infrarouges et ultraviolettes, invisibles pour nous. Au travers d'une fondation, ce cyborg auto-déclaré veut désormais encourager la création de nouveaux sens, telle la perception de champs magnétiques ou de la rotation terrestre.

Yvonne Vahlensieck est journaliste scientifique indépendante à Ettingen (BL).

Deux hommes en fauteuil roulant s'entraînent pour le Cybathlon: une compétition pour les équipes qui développent une technologie pour les personnes souffrant d'un handicap physique. Les coureurs peuvent contrôler un avatar grâce aux cagoules à électrodes. Ces interfaces cerveau-ordinateur ont été développées par l'équipe de José del R. Millán à l'EPFL.

Photo: Matthieu Gafsou





### Il pendule entre le laboratoire et la clinique

Grégoire Courtine est professeur à l'EPFL depuis 2019 et mène des recherches sur de nouvelles thérapies pour les troubles du système nerveux central, en particulier dus à des **lésions de la moelle épinière**. Aux côtés de la **neurochirurgienne Jocelyne Bloch**, ce Français dirige le centre NeuroRestore qui a été financé par le fondateur de Logitech, Daniel Borel, dans lequel plus d'une cinquantaine de personnes développent de **nouvelles approches chirurgicales et neurologiques**. L'EPFL, le CHUV et l'Université de Lausanne y participent. Le chercheur explique: «Chez NeuroRestore, nous travaillons de manière extrêmement translationnelle – nous passons de la recherche à la clinique et nous retournons au laboratoire avec les questions venant de la clinique.» Actuellement, son équipe est occupée **parallèlement par six études cliniques**, également sur de nouvelles thérapies en cas d'attaque cérébrale ou de Parkinson.

## Pionnier de la neuroréhabilitation

Le neuroscientifique Grégoire Courtine a développé un implant qui stimule la musculature des jambes lors de lésions de la moelle épinière. Pionnier déterminé de la neuroréhabilitation, il ne se laisse pas détourner de ses objectifs.

Texte Samuel Schläfli Photo Sébastien Agnetti

Grégoire Courtine se présente nonchalant et sûr de lui. Sa barbe de trois jours et ses cheveux mi-longs aux mèches gris argent lui donnent un air d'aventurier. Dans son bureau du campus Biotech de Genève, on entend une douce musique house aux accents jazzy. Le chercheur est stressé et demande de patienter: «Je suis dans la dernière ligne droite pour deux demandes importantes de recherche. Je dois les déposer cet après-midi déjà.»

Quelques minutes plus tard, il commence à raconter. Enfant, il passait des nuits entières à regarder les étoiles au télescope avec son père. Cela a contribué à sa décision de devenir astrophysicien. Pendant ses études en physique et mathématiques, il faisait occasionnellement de l'escalade avec un professeur en neurosciences. C'est celui-ci qui lui a expliqué les interactions complexes entre cerveau et appareil locomoteur – ce qui se passe dans notre tête quand nous nous accrochons à la paroi rocheuse avec nos doigts et nos orteils. «J'ai développé une incroyable fascination pour les processus neurologiques», se souvient-il. Si bien qu'il a combiné sa vieille passion avec une nouvelle pour son travail de doctorat: il a étudié les bases neurologiques de la récupération de la marche des astronautes à leur retour de mission spatiale.

Lorsqu'il a présenté les résultats de sa thèse lors d'une conférence à Stockholm en 2003, Reggie Edgerton, professeur de neurobiologie de l'Université de Californie à Los Angeles et autre pionnier du développement des thérapies des lésions de la moelle épinière, était dans le public. Grégoire Courtine avait lu nombre de ses études et est allé lui parler. Reggie avait alors juste dit: «Young french man, je n'ai pas la moindre idée de ce que tu dis, mais j'aime tes recherches.» Trois mois plus tard, le jeune chercheur s'envolait pour Los Angeles afin de travailler comme postdoc au laboratoire du professeur. Ce fut là qu'il eut ses premiers contacts directs avec des personnes paraplégiques et tétraplégiques: «La rencontre avec des personnes qui ne pouvaient plus bouger m'a laissé une forte impression.»

### **Le paraplégique remarque**

Après trois ans, Grégoire Courtine revient en Suisse en 2008 et monte son propre groupe en tant que professeur assistant à l'Université de Zurich. Plusieurs succès suivent rapidement: l'équipe a réussi pour la première fois une réhabilitation de rats souffrant d'une lésion de la moelle épinière. Après des mois d'entraînement, les rongeurs ont pu se déplacer à nouveau, aidés par un tapis roulant et,

plus tard, par un robot qui soutenait une partie de leur poids. Avant même la publication des études y relatives, Patrick Aebischer, alors directeur de l'EPFL, lui-même médecin et neuroscientifique, a fait venir Grégoire Courtine à Lausanne et lui a présenté la neurochirurgienne Jocelyne Bloch du Centre hospitalier universitaire vaudois (CHUV). «C'était un 'perfect match' dès le début!» s'enthousiasme-t-il. «Nous travaillons de manière très complémentaire et idéale sans être en concurrence.»

Cette coopération lui a ouvert de nouvelles voies: jusque-là, il n'avait exploré sa technologie que dans des modèles avec des poissons zèbres, des souris, des rats et des macaques. Maintenant, il pouvait faire le saut vers l'être humain. En octobre 2016 au CHUV, la neurochirurgienne implantait pour la première fois sur un patient le système développé par le groupe de Grégoire Courtine: un stimulateur au niveau de l'abdomen et une bande munie

## **«Nous recevons 20 à 30 demandes de participation à nos études cliniques par jour.»**

de 16 électrodes un peu au-dessous de la lésion de la moelle épinière. Là, se trouve une sorte de second centre de contrôle des jambes qui fonctionne largement indépendamment du cerveau. Après une blessure, ce centre est traumatisé et inactif, mais il peut être réactivé à l'aide d'impulsions électriques. Jocelyne Bloch et Grégoire Courtine ont publié une vidéo sur l'étude: David Mzee, incapable de marcher à la suite d'une lésion partielle de la moelle épinière due à un accident de sport en 2011, se lève de son fauteuil roulant et commence à marcher à l'aide d'un déambulateur. Les images de cette percée ont fait le tour du globe.

Chaque année, entre 250 000 et 500 000 personnes sont touchées par une paraplégie dans le monde. En Suisse, une étude de la Recherche suisse pour paraplégiques a évalué leur nombre à 6000 adultes en 2012. Nombre de ces patients et patientes espèrent vivement retrouver une certaine mobilité grâce à une opération, des implants et un entraînement intensif. «Nous recevons chaque jour de 20 à 30 demandes de participation à nos études cliniques, note Grégoire Courtine. Et nos listes

d'attente comptent des milliers de personnes.» Le chercheur veut donc mettre sa technologie sur le marché au plus vite. Il a donc fondé en 2014 la start-up Onward qui détient plus de 300 brevets développés dans son laboratoire. Aujourd'hui, elle a des bureaux à Lausanne et à Boston avec 80 collaborateurs. Sa capitalisation boursière a atteint près de 500 millions d'euros. Le professeur est toujours copropriétaire et conseiller d'Onward sans y voir de conflit d'intérêts. «Dans la recherche, nous élaborons les connaissances fondamentales, alors que l'entreprise a la capacité de commercialiser l'innovation au plus vite. Pourquoi donc ne pas collaborer étroitement?»

### **L'obstacle des régulations sévères**

Le modèle animal continue à jouer un rôle central pour le développement du système. En 2018, le quotidien 24 heures rapportait que Jocelyne Bloch s'envolait plusieurs fois par an pour Pékin pour y faire remarquer des macaques grâce à des implants cérébraux. De tels essais sont vertement critiqués par les organisations de protection des animaux telle la LSCV genevoise. Grégoire Courtine explique: «Dans le cadre d'une coopération de recherche, nous travaillions en étroite collaboration avec des partenaires chinois – c'est pourquoi nous avons également opéré en Chine.» Il se dit convaincu que les mêmes expériences seraient réalisables à l'Université de Fribourg où ont principalement lieu ses tests sur les macaques. Il concède toutefois qu'en raison de la protection des animaux, c'est bien plus compliqué ici qu'en Chine. Les strictes règles suisses constituent surtout un obstacle à l'innovation en biomédecine. Et le chercheur souligne que son équipe fait déjà beaucoup pour réduire sans cesse le nombre d'animaux nécessaires.

Ce pionnier passionné de la neuroréhabilitation a-t-il encore du temps pour autre chose que de la recherche? «Absolument!» assure-t-il. Il joue du piano, fait beaucoup de sport et passe du temps avec sa femme et leurs deux enfants – le troisième est en route. Mais pour cela, il dort peu: «Cinq heures par jour me suffisent. Ma vie en sera peut-être écourtée, mais elle aura été remplie de plaisir.» Pour lui, la science est avant tout une passion: «Je n'ai l'impression de travailler que lorsque je dois rédiger des demandes de subventions», dit-il en souriant, et avec un regard sur sa Rolex. Il est temps de mettre fin à l'entretien. Il ne lui reste plus que trente minutes pour soumettre les deux requêtes.

Samuel Schläfli est journaliste indépendant à Bâle.



Avec cet appareil bougeant à tout-va, le sens de l'équilibre est franchement mis à l'épreuve. Avec son aide, Matthieu Gafsou et son équipe étudient la perception de soi quand on nous tourne et se-coue fortement. Photo: Matthieu Gafsou

# La grande question sur la conscience

Comment notre expérience subjective naît-elle de processus physiques dans le cerveau?

Ce problème complexe de la recherche sur la conscience sera-t-il résolu un jour?

Les avis divergent. En attendant, il reste assez d'autres questions de détail à étudier.

Texte Ümit Yoker

## 1 – Qu'est-ce que la conscience?

Aujourd'hui encore, ce concept se soustrait à toute définition claire. Pour le neuroscientifique Anil Seth, qui étudie la conscience depuis plus de deux décennies, il ne s'agit pas d'un casse-tête. Dans son livre «Being You», il définit simplement la conscience comme «toute forme d'expérience subjective». Cela peut sembler trop simpliste ou trivial, concède-t-il, mais ce n'est pas nécessairement un mal. «Tant que nous ne comprenons qu'imparfaitement des phénomènes complexes, les définitions formulées trop précisément tendent à nous restreindre, voire à nous induire en erreur.»

## 2 – Où siège-t-elle?

Aristote n'attribuait au cerveau qu'une fonction frigorigène pour abaisser la température du sang chargé d'aliments et faciliter ainsi le sommeil chez l'être humain, écrit le professeur émérite autrichien Erhard Oeser dans un livre sur l'histoire de la recherche sur le cerveau. Pour le philosophe de la Grèce antique, l'âme se situait dans le cœur – avec une restriction notable: des trois formes d'âme qu'il distinguait, deux seulement y avaient leur siège: l'*anima vegetativa* – des fonctions du corps, et l'*anima sensitiva* – de la perception. L'âme pensante, le véritable théâtre de nos idées et de la raison, n'était cependant pas située dans le corps, selon lui. Donc ni dans le cœur ni dans le cerveau, raison pour laquelle elle serait précisément immortelle.

Au XVII<sup>e</sup> siècle, René Descartes a été le premier à formuler une thèse concrète sur l'interaction entre le corps et l'esprit, et à décréter que la conscience se trouvait clairement dans le cerveau. Tout ce qui l'entoure peut être une illusion, un rêve, les tromperies d'un démon. Toute perception peut être mise en doute, mais une chose reste à la fin: lui-même, Descartes, qui réfléchit à tout cela. Le philosophe français a résumé ses réflexions dans cette phrase qui doit aujourd'hui encore orner les pyjamas et les tasses de café dans des versions ahurissantes: Je pense donc je suis.

Contrairement au corps physique, le moi pensant de Descartes n'est pas fait d'une matière qui s'étend et se meut mécaniquement dans l'espace, mais d'une substance essentiellement différente, comme l'écrit la psychologue et autrice britannique Susan Blackmore dans son ouvrage approfondi consacré à la conscience. Et c'est exactement dans le cerveau que la substance corporelle, *res extensa*, et la substance pensante, *res cogitans*, interagiraient – plus

précisément dans la glande pinéale. Ce dualisme de substances, l'idée que notre conscience ne naît en aucun cas de processus physiologiques dans le cerveau ou n'a aucun lien avec eux, n'a plus guère d'adeptes.

«Plus personne aujourd'hui ne conteste le rôle décisif du cerveau pour la conscience», écrit Susan Blackmore. Les divergences entre les scientifiques portent tout au plus sur le rôle qu'il y joue. Anil Seth, coresponsable du Centre for Consciousness Science de l'Université du Sussex, explique qu'une des principales controverses suit actuellement la ligne de démarcation établie par le philosophe Ned Block entre deux formes de conscience. La première, la conscience d'accès, est l'état dans lequel il nous est possible de diriger notre comportement ou notre attention et d'établir des constats, explique-t-il. Pour cette forme de conscience, ce sont surtout les zones frontales du cerveau qui sont décisives. La seconde, la conscience phénoménale, est davantage liée à l'activité des zones postérieures, dans la mesure où elle relève surtout de la perception et de ce que celle-ci implique.

## 3 – Quel est le problème difficile?

Tout d'abord, il va de soi que les problèmes dits faciles de la recherche sur la conscience ne sont en réalité pas si aisés à résoudre. Lorsque, dans les années 1990, le philosophe et spécialiste des sciences cognitives australien David Chalmers a détaché les problèmes faciles du problème difficile de la conscience, son but était simplement de mettre en évidence le fait que les premiers peuvent en principe être résolus avec les méthodes scientifiques usuelles. Ils concernent notamment le lien entre la conscience et le sommeil, la veille, l'attention ou la gestion du comportement, écrit Susan Blackmore.

Le problème difficile apparaît alors comme la grande question: comment des processus physiques dans le cerveau donnent-ils naissance à une expérience subjective? Pourquoi l'absence d'une personne, l'odeur du café frais et une chanson d'Helene Fischer sont-elles ressenties différemment? Ou, comme l'a formulé en son temps le philosophe britannique Colin McGinn: «How can technicolour phenomenology arise from soggy grey matter?» Librement traduit: «Comment une phénoménologie en technicolor peut-elle émerger d'un amas de cellules grises?»

La philosophie a forgé le terme de «qualia» pour désigner ces expériences très personnelles et intérieures.

#### 4 – Le problème difficile pourra-t-il être résolu?

Existe-t-il une réponse à cette question parmi toutes les questions de la recherche sur la conscience? Oui, disent certains, mais la solution présuppose une conception entièrement nouvelle de l'essence de l'Univers et requiert des principes physiques encore inconnus, écrit Susan Blackmore. Non, affirment les tenants du mystérianisme, à l'exemple du philosophe Colin McGinn. Pour lui, l'être humain ne dispose tout simplement pas de la forme d'intelligence nécessaire pour parvenir à saisir pleinement l'essence de la conscience – de la même manière qu'un chien, malgré tous ses efforts, ne pourra jamais lire le journal ou apprécier la poésie.

Le psycholinguiste et spécialiste des sciences cognitives Steven Pinker se montre tout aussi pessimiste. Même si, selon Susan Blackmore, il accorde à «un Darwin ou un Einstein de la conscience» encore à naître la chance de nous surprendre un jour avec des connaissances spectaculaires. Pour leur part, à l'image du philosophe américain Daniel Dennett, les illusionnistes défendent même la position suivante: le problème difficile n'existe pas, et plus encore: l'expérience subjective est une illusion. La question décisive est donc: comment se fait-il que nous succombions à une telle illusion?

Des scientifiques comme Anil Seth, proches du physicalisme, abordent la grande question de la conscience de façon plus pragmatique: «On peut tout simplement adopter une position agnostique à ce sujet», estime le chercheur britannique. Il décrit le physicalisme comme l'idée que tout dans l'Univers est de nature physique et que, par conséquent, la conscience repose sur une telle base et émerge d'un certain agencement d'éléments physiques. Son approche est donc d'aller au fond des problèmes simples avec d'autant plus de véhémence. «Je ne peux évidemment pas garantir que l'étude des principes physiques suffira à expliquer la conscience, concède-t-il. Mais c'est certainement ce que nous pouvons faire de plus productif pour le moment.»

Et peut-être que cette approche permettra un jour de résoudre le problème difficile – ou du moins que se dissiperait l'aura de mystère qui l'entoure depuis si longtemps. Anil Seth rappelle ici la chasse au mystérieux élan vital menée jusqu'au XXe siècle. Certes, il n'existe toujours pas de théorie globale de la vie, écrit-il dans son livre. Mais la compréhension de nombreux processus partiels constitutifs du vivant a depuis longtemps rendu cette quête obsolète. «Le progrès scientifique ne veut pas dire qu'on trouve toujours les réponses aux questions initiales, souligne le chercheur. Un signe de progrès, c'est aussi que les questions changent.»

#### 5 – Comment est aujourd'hui étudiée la conscience?

L'approche aujourd'hui courante dans la recherche sur la conscience est d'accepter l'expérience subjective comme

un fait, mais de ne pas en faire un objectif direct de recherche et de s'attaquer plutôt d'abord aux problèmes simples, dit Anil Seth. Et même si cette recherche reste un domaine interdisciplinaire dans lequel la psychologie et la médecine jouent aussi un rôle important, les neurosciences ont aujourd'hui remplacé la philosophie comme discipline principale.

Depuis les années 1990, la voie royale est ici la recherche de ce qu'on appelle les corrélats neuronaux de la conscience. Le concept a été inventé par le physicien et biologiste moléculaire britannique Francis Crick et le neuroscientifique Christof Koch en le définissant comme «la plus petite quantité possible de mécanismes et d'événements dans le cerveau qui suffisent pour produire une expérience subjective, qu'elle soit aussi simple que celle de la couleur rouge ou aussi riche que le sentiment originel, sensuel et mystérieux que peut déclencher l'illustration d'une scène se déroulant dans la jungle sur la couverture d'un livre».

Francis Crick était colauréat du prix Nobel pour la découverte, dans les années 1950, de la structure de l'ADN. Pour Anil Seth, le fait qu'un Prix Nobel ait précisément été parmi les premiers à se lancer sur la piste de tels corrélats

a contribué de manière décisive à redonner une respectabilité à la recherche sur la conscience – un thème qui était tombé en disgrâce pendant une bonne partie du XXe siècle alors que la psychologie se limitait à l'étude des comportements pouvant être observés de l'extérieur. Aujourd'hui, la recherche sur les corrélats neuronaux, qui a certainement apporté plus de résultats concrets que toutes les autres approches durant les dernières décennies, atteint néanmoins lentement ses limites. Le problème principal étant que «des corrélations ne sont pas encore des explications».

C'est aussi pourquoi ces dernières années ont vu un déluge de théories sur la conscience. Elles n'ont certainement pas simplifié la question: il est souvent difficile de voir précisément sur quelle conception de la conscience elles se basent et ce qu'elles cherchent à expliquer. Certaines sont tout simplement invérifiables. Anil Seth cite par exemple le panpsychisme qui veut que toute entité de matière ait une forme de conscience. «Même si cette théorie était vraie, comment la vérifier?» De telles hypothèses n'apportent pas grand-chose, estime le chercheur britannique pour qui le mystérianisme manque, lui aussi, de potentiel.

Désormais, les grands défis posés à la recherche sur la conscience sont selon lui les suivants: formuler plus précisément les différentes théories afin de pouvoir les mettre à l'épreuve et les comparer. Et peut-être que quelques pistes d'explication finiront par se détacher du bruit qui les entoure.

**«Même si la théorie du panpsychisme était exacte, comment pourrions-nous le prouver un jour?»**

Anil Seth

Ümit Yoker est journaliste indépendant et vit à Lisbonne.

Avec une bobine magnétique sur l'arrière du crâne, on peut activer précisément des régions du cerveau. Ainsi, Olivier Reynaud du Campus Biotech à Genève localise un AVC. Et il peut stimuler d'autres régions qui reprennent des fonctions manquantes. Photo: Matthieu Gafsou



# Exubérance tropicale analysée avec rigueur

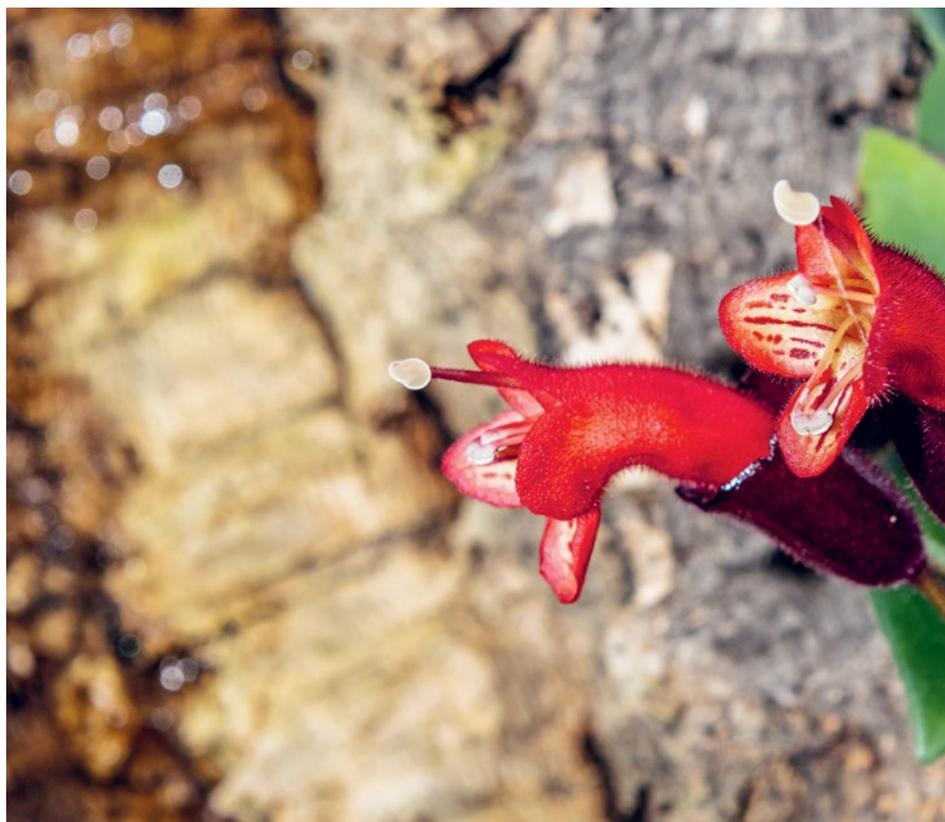
Au Jardin botanique de Genève, on décrypte pourquoi la chimie entre les fleurs et leurs pollinisateurs est si précise. Cela explique aussi la diversité des couleurs qu'un groupe de plantes déploie pour les seuls colibris.

Texte Atlant Bieri Photos Hervé Annen

1



2



5

Lorsque le botaniste Mathieu Perret du Jardin botanique de Genève pousse la porte de la serre tropicale, ses lunettes se couvrent de buée. Dans une atmosphère humide chauffée à 20 degrés, nous nous retrouvons dans la reproduction miniature de la forêt atlantique du Brésil, l'un des habitats les plus riches en espèces de la planète. Dans cette serre à peine plus grande qu'un salon, des arbustes de taille humaine poussent sur des blocs de tuf. De petites plantes délicates déploient leurs fleurs rouges sur des morceaux d'écorce suspendus ici et là. Aussi diverses que les plantes puissent apparaître de l'extérieur, elles appartiennent toutes à la même famille, celle des gesnériacées.

On trouve plus de 3000 espèces de ces plantes sous les tropiques, de l'Australie à l'Amérique. Elles sont devenues populaires en tant que plantes ornementales très appréciées dans nos habitats. L'énorme diversité de formes et de couleurs de leurs fleurs en a fait aussi un objet de recherche très convoité. «Nous voulons découvrir comment l'évolution a pu aboutir à un tel résultat», explique Mathieu Perret.

### Le colibri mange aussi avec les yeux

Le chercheur s'arrête devant un arbuste majestueux. Ses fleurs ressemblent à des tubes légèrement courbés. «Elles sont parfaitement adaptées au bec du colibri.» Les étamines qui contiennent le pollen sont posées sur de longues tiges et dépassent des fleurs d'un demi-centimètre. Lorsque le colibri y enfonce

son bec en vol stationnaire, son front touche tôt ou tard les étamines. Au prochain buisson, l'oiseau ainsi poudré dépose le pollen sur le carpelle, qui pointe lui aussi précisément sur son front. «Grâce à cette forme de fleur hautement spécialisée, la pollinisation fonctionne de manière aussi fiable que possible», explique le spécialiste.

Il cueille l'une des fleurs et la brise en deux. En jaillit une goutte d'un épais nectar. «C'est la récompense pour l'oiseau qui l'incite à toujours revenir.» Il ne manque plus qu'un indicateur que les colibris puissent suivre: la couleur. «Le rouge vif correspond exactement à la longueur d'onde qui est bien perçue par les yeux des colibris.»

Mathieu Perret a déterminé la couleur des fleurs de plus de 150 gesnériacées et a comparé leur perception par les yeux des colibris et d'autres pollinisateurs telles les abeilles sauvages. Résultat: dans la plupart des cas, les deux spectres s'accordent comme deux pièces d'un puzzle. Les fleurs de colibris reflètent généralement la lumière dans la zone des 600 nanomètres (rouge) et celles pollinisées par des abeilles plutôt dans celle des 400 nanomètres (bleu). Grâce à ce code de couleurs, les plantes s'assurent que seuls les bons pollinisateurs qui les aident à se reproduire trouvent leurs fleurs.

### Plastique brûlé pour les chauves-souris

L'arbuste suivant a imaginé un autre moyen de communication. Ses fleurs sont en forme d'entonnoir, verdâtres et sentent le plastique brûlé. Son nectar, en revanche, est agréablement doux et fruité. «Cette fleur s'est adaptée aux besoins des chauves-souris», explique Mathieu Perret. Comme les animaux sont pratiquement aveugles dans la nuit, la plante n'a pas besoin d'investir dans une couleur sophistiquée de fleur. Au lieu de cela, elle communique par son parfum. Les étamines sont posées sur des tiges courtes à l'intérieur du calice – l'idéal pour poudrer le museau de ses visiteuses nocturnes.

«Il y a quelques années encore, ces deux arbustes n'auraient été considérés que comme de lointains parents, car leurs fleurs sont complètement différentes. Mais grâce à nos analyses génétiques, nous savons maintenant que ce n'est pas le cas. Elles sont en fait de très proches parentes», explique Mathieu Perret. Il a réorganisé l'ensemble de l'arbre généalogique des gesnériacées en fonction de leur parenté génétique. Il a ainsi pu reconstruire l'histoire évolutive des formes de fleurs et mesurer la vitesse à laquelle les plantes ont effectué des



3



4

- 1 Yvonne Menneret, jardinière au Jardin botanique de Genève, soigne les plantes tropicales et optimise l'humidité et la température de l'air.
- 2 Les scientifiques sont impressionnés par la variété des couleurs des gesnériacées. Pour une prise de mesures, les pigments sont extraits des fleurs.
- 3 Une fleur réellement magique (l'achimène): sa couleur lilas attire les papillons.
- 4 Rouges et alignées en compartiments attrayants: les fleurs de l'«*aeschynanthus radicans*» des tropiques asiatiques attendent d'être pollinisées par les oiseaux chanteurs.
- 5 Dans la serre tropicale du Jardin botanique de Genève se trouve notamment une reproduction de la forêt tropicale du Brésil.

changements de leur design. Ses données suggèrent qu'à l'origine, elles se laissaient toutes polliniser par des insectes tels que les abeilles sauvages et certains papillons de nuit. Puis quelque chose a soudain changé: il y a environ 20 millions d'années, les premiers colibris sont apparus en Amérique du Sud. «Une nouvelle opportunité s'offrait aux plantes et de nombreuses espèces se sont adaptées à ces nouveaux pollinisateurs.» Du point de vue de l'évolution, il s'est produit une véritable ruée vers les colibris, car au cours des millions d'années qui ont suivi, des fleurs destinées à les attirer ont évolué au moins 30 fois indépendamment les unes des autres. Cela a abouti à une diversité d'espèces de plus de 350 gesnériacées exclusivement pollinisées par le petit oiseau.

Mathieu Perret a constaté avec surprise que ces changements étaient réversibles. «Certaines plantes ont abandonné les fleurs destinées aux oiseaux pour revenir aux fleurs à insectes. Ce phénomène pourrait s'être produit dans des régions où les colibris s'étaient éteints pendant un certain temps.» Il y a moins de 10 millions d'années, l'arrivée des chauves-souris a déclenché une nouvelle vague d'adaptation. Indépendamment les unes des autres, les plantes ont inventé huit fois leur parfum pour les attirer. «Comme cette évolution est relativement récente, cela en est resté à ces huit espèces jusqu'à présent.»

### Délicate gestion de température

Les collections de plantes vivantes ont une grande valeur scientifique. «Nous n'aurions pas pu réaliser cette étude avec les seules plantes pressées, dont la couleur s'atténue lors du séchage. Tout ressort brun.» Plus de 160 espèces sont actuellement représentées aux Conservatoire et Jardin botaniques de Genève. «Nous l'enrichissons chaque année de quelques plantes supplémentaires. Certaines sont même des espèces nouvellement découvertes qui n'ont pas encore été décrites», note le botaniste. Pour ce faire, il collabore avec des scientifiques sud-américains et se rend lui-même de temps à autre dans la jungle, généralement au Brésil, en Colombie, en Equateur ou au Panama.

L'entretien d'une collection de plantes vivantes est cependant dispendieux. Dans l'antichambre de la mini-jungle s'empilent sur des étagères en métal des centaines de pots de fleurs. Différents substrats de plantation comme la mousse de tourbe, le gravier de pierre ponce et le terreau de feuilles mortes sont disponibles dans des sacs et des bacs. C'est le domaine d'Yvonne Menneret. Un sécheur dépasse d'une poche de son pantalon vert de

jardinière: «L'eau ne doit pas stagner dans les pots. Mais il ne faut pas non plus que ce soit trop sec», dit-elle. Elle entretient plusieurs serres réservées aux gesnériacées. Dans certaines d'entre elles, la température est actuellement réduite à 15 degrés. «Les plantes sont en hibernation», explique-t-elle. Le maintien de la bonne température est un acte périlleux en ces temps de changement climatique. «Beaucoup de plantes périssent lors d'un été caniculaire tel celui de 2022. Elles supportent mal les 30 ou 35 degrés Celsius.» Le problème majeur reste toutefois celui des nombreux nuisibles tels que pucerons, mouches blanches et nématodes. «Notre jardin botanique est certifié bio et nous devons travailler avec des insectes utiles comme les coccinelles et les réduves ou avec des champignons», explique la jardinière, qui lâche chaque semaine des milliers de ces auxiliaires dans les serres.

### Tombé dans le piège évolutif

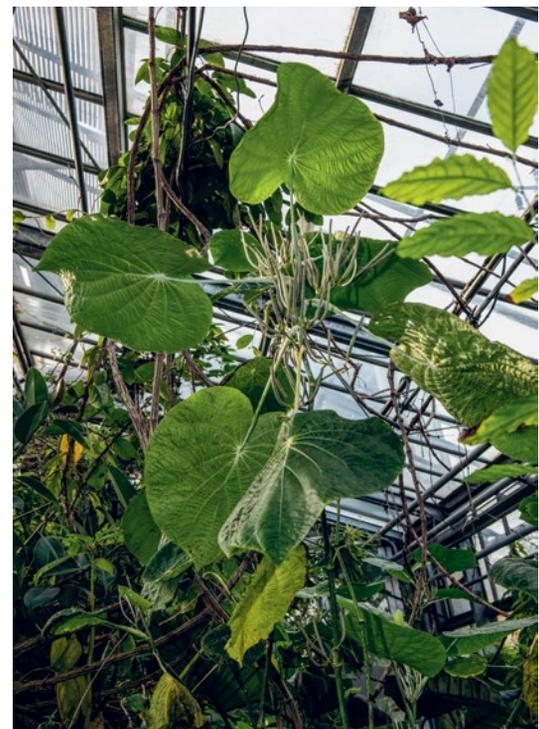
Dans son laboratoire, Mathieu Perret se tient devant un étalage de fleurs fraîchement cueillies. Il les broie les unes après les autres dans un mortier avec un peu d'alcool méthylique pour en extraire les pigments de couleur. À l'aide de la chromatographie, il trie les composants chimiques et les analyse dans un spectromètre de masse. À ce jour, Mathieu Perret et son postdoc Ezgi Ogutcen ont découvert sept types fondamentaux de molécules de couleurs dans les fleurs. Tous appartiennent aux anthocyanes, très répandues dans le monde végétal.

«Chez les gesnériacées, les pigments apparaissent au fil d'une chaîne de production définie avec précision, comme dans une usine. Le processus est contrôlé par un nombre réduit de gènes.» C'est là que se trouve la clé de l'évolution rapide de la couleur des fleurs: «Un changement minime dans les gènes produit une autre couleur et donc l'adaptation à différentes espèces de pollinisateurs.» Ce qui l'a surpris: deux des sept molécules de couleur proviennent des deoxy-anthocyanes, très rares. Elles présentent deux particularités: elles permettent aux plantes de former uniquement des fleurs rouges, et les plantes qui se sont mises à produire ces deux molécules ne peuvent pas revenir aux anthocyanes courantes. «Les plantes sont donc prises dans un piège évolutif.» Désormais, elles ne pourront plus dialoguer qu'avec les colibris et ne pourront être pollinisées que par eux. Parmi les gesnériacées analysées par Mathieu Perret, 30% sont tombées dans ce piège. Il ignore pourquoi: «Mais il est intéressant de voir comment les

modifications génétiques et chimiques peuvent influencer le destin d'un groupe de plantes. Ce n'est que grâce à notre étude que nous comprenons maintenant les mécanismes de l'évolution à l'origine de l'étonnante diversité végétale des tropiques et d'ailleurs.»

Atlant Bieri est journaliste scientifique indépendant.

6



11

«Nous élargissons la collection chaque année de quelques plantes, dont certaines sont même des sortes nouvellement découvertes qui n'ont pas encore été décrites.»

Mathieu Perret

7



8



- 6 La fleur rouge de la «*Sinningia reitzii*» des tropiques du Brésil attire les colibris pour la pollinisation.
- 7 Mathieu Perret définit précisément les couleurs des fleurs à l'aide d'un réflectomètre.
- 8 Au Jardin botanique de Genève, il détermine pourquoi la famille des gesnériacées a des apparences si diverses bien qu'elles soient proches parentes.
- 9 La couleur de la rare «*Begonia rajah*» de Malaisie, les feuilles sont plus impressionnantes que les fleurs.
- 10 Des chercheuses et chercheurs du monde entier font le voyage à Genève pour l'herbier qui constitue la plus grande collection d'exemplaires séchés de Suisse. Mais pour le projet du chercheur, ce sont les plantes vivantes qui sont essentielles.
- 11 De grandes feuilles vertes et juteuses décorent la serre tropicale.



10

9

# On ne plaisante pas avec le genre

Les hommes produisent en général de meilleures blagues que les femmes, et les femmes cadres qui font de l'humour paraissent moins compétentes. En humour, la question du genre est source d'inspiration.

Texte Nicolas Gattlen

Lorsque vous pensez à une personne que vous considérez comme particulièrement drôle, s'agit-il d'un homme ou d'une femme? En 2019, l'anthropologue israélien Gil Greengross et le psychologue américain Geoffrey Miller ont réalisé une méta-analyse avec 29 études portant sur plus de 5000 participantes et participants. Ils sont parvenus à la conclusion qu'en moyenne, les hommes disposaient d'une «capacité légèrement plus marquée à produire de l'humour». La plupart des travaux de recherche analysés suivaient un schéma similaire: hommes et femmes devaient compléter des bulles dans des dessins ou rédiger des commentaires amusants sous des photos. Les résultats anonymisés étaient ensuite évalués par un jury comprenant des personnes des deux sexes, puis classés selon la capacité à faire rire. Les hommes l'ont emporté.

Willibald Ruch, qui travaille depuis plus de quarante ans sur le thème de l'humour à l'Université de Zurich et qui dirige le domaine de la psychologie de la personnalité et du diagnostic, relativise ce constat: «L'humour est bien plus que la production de blagues et de pointes amusantes. Il ne faut pas oublier l'auto-ironie et le comique de situation. Ou, de manière générale, la capacité à affronter l'adversité et à rire de ses maladroites. Ici, ce n'est pas le sexe qui joue un rôle déterminant, mais la personnalité.»

Son équipe a passé en revue et évalué toute la littérature scientifique consacrée à l'humour et aux différences entre les genres révisée par les pairs entre 1977 et 2018. Résultat: il n'existe pratiquement pas de différences, tant en matière de compréhension de l'humour que de préférence pour un style d'humour en particulier. On en trouve cependant dans la production d'humour agressif, comme le cynisme et le sarcasme, et dans une moindre mesure dans la création hors contexte de blagues et de pointes. Comme dans l'étude de Greengross et Miller, les hommes obtiennent de meilleurs résultats. Ils s'investissent également davantage dans la présentation et la performance humoristiques.

## Les rôles de genre agissent jusque dans la blague

L'évaluation de Willibald Ruch et de son équipe montre aussi que les femmes apprécient davantage la capacité des hommes à faire de l'humour que leur réceptivité à l'humour. Chez les hommes, c'est exactement l'inverse. Ces préférences correspondent au stéréotype de l'homme amusant et de sa compagne qui rit, comme une prophétie qui

se réaliserait d'elle-même. Les études de grande ampleur conduites par Paul McGee vont aussi dans ce sens. Dans les années 1970, le psychologue du comportement américain a étudié comment l'humour des garçons et des filles évoluait dans des directions différentes entre le jardin d'enfants et l'entrée à l'école. Résultat: les garçons étaient des plaisantins actifs et les filles s'amusaient de leurs facéties.

Paul McGee voit dans ces résultats le fait qu'en grandissant, les enfants des deux sexes ressentent de plus en plus les exigences des rôles attribués aux genres. Les blagues des garçons ont été mieux accueillies que celles des filles, les incitant à développer leur talent en testant des formes d'humour plus acérées et donc souvent plus agressives. Des études plus récentes, dont celles de la psychologue allemande Marion Bönsch-Kauke, indiquent toutefois que les différences spécifiques aux deux sexes sont aujourd'hui moins marquées chez les enfants.

Gil Greengross et Geoffrey Miller se tournent pour leur part vers la théorie de l'évolution pour expliquer les différences entre les genres: selon celle-ci, les femmes contrôlent le sexe et les hommes doivent se démener pour ne pas passer inaperçus et présenter leurs «bons gènes». Selon cette même thèse, par ailleurs controversée, l'humour indiquerait également des traits de caractère tels que l'intelligence et la créativité. Ce lien est suggéré par des recherches antérieures des deux auteurs: dans une étude portant sur 400 étudiants et étudiantes, ils ont pu montrer que l'intelligence, à savoir l'utilisation habile de la langue, était liée à la capacité de produire des blagues – par exemple des pointes de dessin animé amusantes.

## Sûr ou peu sûr de soi

L'interprétation évolutionniste a aussi un certain poids dans les travaux de Pascal Vrticka, neurobiologiste lucernois. Rire d'une blague ou d'une situation comique suit un processus en deux étapes: les régions du cerveau responsables de la pensée logique perçoivent une incohérence et lorsque celle-ci est résolue, les centres de la récompense et des émotions entrent en action, suscitant le plaisir. Secondé d'une équipe de l'Université Stanford, Pascal Vrticka a découvert que les centres responsables des émotions dans le cerveau de filles en train de regarder les scènes d'un film amusant étaient activés de manière bien plus prononcée que chez les garçons, dont le cerveau réagit



Une recette si simple: les femmes aiment les hommes drôles, qui misent dès lors sur la plaisanterie. Cela fonctionne-t-il toujours? Photo: Dan Cermak

**«L'humour, c'est aussi l'auto-ironie et le comique de situation. Ou, de manière générale, la capacité à affronter l'adversité et à rire de ses maladresses.»**

Willibald Ruch

davantage au déroulement de l'histoire. Cette observation corrobore les découvertes antérieures de l'équipe de chercheurs lors de l'étude impliquant les femmes et les hommes. Pascal Vrticka suppose que le cerveau féminin pourrait s'être spécialisé dans l'appréciation de l'humour, tandis que le masculin se serait concentré sur la production d'humour, la «sélection sexuelle» étant probablement en cause.

L'analyse zurichoise de la littérature a par ailleurs mis en lumière des différences dans l'utilisation de l'humour, en particulier au travail: les femmes occupant des postes de direction font en moyenne preuve de plus de retenue que leurs collègues masculins. Ce comportement n'est pas le fruit du hasard: une étude actuelle de l'Université d'Arizona montre ainsi que les femmes cadres qui font de temps en temps une remarque drôle lors d'une présentation sont considérées comme moins compétentes et moins capables de diriger que les «femmes sans humour» par les participants et participantes à l'étude à qui l'on a montré la présentation dans une vidéo.

Les hommes occupant des postes de direction se servant des mêmes blagues gagnent par contre en prestige et en souveraineté. Pour les auteures de l'étude, la raison possible pourrait résider dans les préjugés existants: les hommes sont toujours considérés comme plus compétents. Ils ont à cet égard une sorte d'avantage de confiance qui se reflète à son tour dans l'interprétation de l'humour: chez les hommes, c'est un signe d'assurance, alors que chez les femmes, il est souvent perçu comme l'expression d'une insécurité.

### **Le potentiel nuisible de l'humour**

Dans certains cas, l'humour peut toutefois aussi nuire aux hommes. Professeure assistante à l'Université de Saint-Gall, Jamie Gloor a voulu savoir si l'humour positif pouvait aider à faire tomber les barrières et les peurs entre les sexes qui sont de plus en plus présentes sur le lieu de travail dans l'ère post-#MeToo, et qui réduisent les chances de carrière des talents féminins parce que les hommes craignent d'être mis en cause. Son équipe de scientifiques internationaux a demandé à des candidates et des candidats de glisser une blague anodine dans leurs vidéos de candidature avant de faire évaluer ces dossiers à 1189 responsables des ressources humaines.

Il s'est avéré que l'humour positif pouvait effectivement ouvrir des portes, pour les femmes comme pour les hommes. Toutefois, dans les entreprises confrontées par le passé à des problèmes de harcèlement sexuel, les cheffes du personnel n'ont guère goûté aux blagues des hommes. «Chez elles, les plaisanteries éveillaient l'impression d'un potentiel nuisible», explique Jamie Gloor. La raison: le harcèlement sexuel serait souvent commis par le biais de blagues. Reste à prouver que #MeToo entraîne une réinterprétation fondamentale de l'humour masculin et modifie les pratiques correspondantes.

Nicolas Gattlen est journaliste indépendant à Kaisten (AG).

# Mise à jour climatique pour les cultures

De nouvelles espèces, un meilleur sol, des gènes transformés: l'agriculture tente bien des choses afin de rendre maïs, blé et autres plus résistants à la sécheresse.

Texte Nic Ulmi

Si le climat ne faisait que se réchauffer, certains effets pourraient nous faire fantasmer. On rêverait de voir pousser des olives, des oranges ou des feuilles de thé au pied des Alpes... «On pourrait en effet adopter des variétés qui ne sont pas cultivables pour l'instant en Suisse, par exemple des cépages exigeant des températures élevées», relève Annelie Holzkaemper, chercheuse dans le domaine des risques climatiques et des possibilités d'adaptation au sein d'Agroscope, le centre de compétences de la Confédération pour la recherche agronomique et agroalimentaire. Mais on déchant vite: «Le stress de chaleur et le changement du schéma des précipitations sont des menaces croissantes pour beaucoup de cultures.» On s'attend en effet à une augmentation des pluies en hiver-printemps et à une diminution en été-automne, au moment où les plantes en requièrent le plus.

Que faire? «Une possibilité qui a été étudiée à Agroscope ces dernières années consiste à augmenter la part des cultures d'hiver, qui poussent en bénéficiant de l'humidité en début d'année et qui sont mûres pour la récolte lorsque les pluies se raréfient. On trouve de telles variétés à maturation précoce chez le maïs et le blé.» Pour protéger les plantes des sécheresses, on joue ainsi sur leur phénologie, c'est-à-dire sur la manière dont le calendrier de croissance réagit aux conditions environnementales. «Mais ce choix a des inconvénients, car une variété à maturation accélérée passe moins de temps dans la terre et accumule moins de biomasse, ce qui se traduit par un rendement réduit», nuance la chercheuse.

## Les arbres fruitiers améliorent la gestion de l'eau

L'impact du temps de croissance sur les rendements pourrait donc pousser à prendre la décision inverse: augmenter la part de variétés à maturation tardive. «Potentiellement, ce choix permettrait même de tirer profit du réchauffement, qui allonge les périodes de croissance et peut se traduire en une biomasse accrue... pour autant qu'il n'y ait pas de chaleurs et de sécheresses extrêmes.» Dans ce dédale de potentialités et de risques, comment choisir? «Une stratégie au cœur de nombreuses recherches est celle de la diversification: choisir des plantes qui ont des ré-

ponses différentes aux conditions climatiques permet d'atténuer les risques de mauvaises récoltes généralisées.» Selon une étude d'Agroscope publiée par Nature en 2021, le mélange des cultures améliore à la fois la résistance aux agents pathogènes et les rendements, mais reste une pratique marginale, car ses principes n'ont pas encore été rassemblés en un savoir-faire prêt à l'emploi.

Peut-on répondre aux sécheresses d'une autre manière, en augmentant l'irrigation? «C'est difficile, car l'hydrologie est affectée par le changement climatique et les débits d'étiage – les niveaux minimaux des cours d'eau – diminuent.» Des ajustements sont possibles en privilégiant par exemple l'irrigation au goutte-à-goutte, plus efficace que celle par aspersion. «Mais les besoins hydriques des plantes peuvent aussi être abordés différemment. Un de nos axes de recherche porte sur les manières d'augmenter la capacité des sols à retenir l'eau», signale Annelie Holzkaemper. Faire de l'ombre, par exemple: c'est ce qui se passe avec l'agroforesterie. «On combine des exploitations forestières ou des vergers avec des cultures situées à leurs pieds, qui bénéficient ainsi d'un microclimat ombragé. C'est une approche prometteuse mais délicate: il faut associer les espèces de manière à éviter qu'elles ne soient en compétition et cela pose par ailleurs des défis en termes de travail agricole et de gouvernance foncière. Ce n'est pas non plus une solution prête à l'emploi, plutôt un champ d'expérimentation.»

## Exploiter le potentiel du génie génétique

On peut également agir sur la capacité de rétention du sol lui-même, en l'enrichissant en matière organique, en l'abritant sous des «cultures de couverture» qui poussent pendant les périodes improductives, ou encore en plantant des variétés aux racines plus profondes. Ce dernier choix pose un nouveau dilemme: «Les variétés modernes ont un système racinaire moins développé que les anciennes, et donc des rendements plus élevés, parce que la plante investit moins dans sa biomasse souterraine. Ces gains de productivité se font ainsi au détriment de la quantité de matière organique dans le sol, et par conséquent de sa capacité à retenir l'eau.» Le projet européen MaxRoot C, lancé en 2021, aborde ce territoire encore sous-exploré en exa-



En raison du moratoire, le blé transgénique ne peut être cultivé que sur de petits champs de recherche, comme ici à Pully (VD), où il est protégé par des filets. Photo: Dominic Favre/Keystone

minant les principales cultures européennes pour identifier les manières d'optimiser le potentiel des racines. «En plus des aspects abiotiques – températures et précipitations –, le changement climatique a aussi des effets biotiques car il augmente la fréquence des maladies et des ravageurs», reprend Annelie Holzkaemper. La recherche de solutions passe alors par la mise au point de produits phytosanitaires durables qui pourraient remplacer les insecticides et pesticides chimiques dont l'usage est limité dans le cadre d'un plan d'action national adopté en 2017.

Les modifications génétiques sont une autre possibilité d'adapter les plantes cultivées au changement climatique. Actuellement, seule la recherche peut s'aventurer sur ce terrain, l'usage de ces méthodes dans l'agriculture étant soumis en Suisse à un moratoire depuis 2005. L'interdiction concerne la modification de l'ADN via l'ajout de gènes issus d'autres plantes (transgenèse) ou des modifications ciblées sans ADN étranger (édition du génome). Elle proscrie également les mutations aléatoires si elles ont été obtenues par de nouvelles méthodes. Cela, même si les changements ne sont qu'épigénétiques, soit réversibles.

#### **Pas d'autorisation pour de nouvelles méthodes**

Chez Agroscope, Etienne Bucher dirige des études sur l'épigénétique des fraises, du blé et du riz. «D'un point de vue scientifique, cette approche ne diffère pas des techniques

de sélection utilisées – même en agriculture biologique – pour créer de nouvelles variétés à travers l'exposition de la plante à des substances qui induisent des mutations aléatoires. Dans les deux cas, elle s'adapte sans qu'on touche à son ADN. Mais il y a une volonté politique d'application du principe dit 'history of safe use', avec lequel la loi européenne sur les OGM exclut toute technique développée après 2001», précise le chercheur.

Pourquoi investir ce territoire interdit? «La sélection d'une variété avec les méthodes classiques prend quinze ans. Pendant ce temps, le climat continue à changer. Les rendements du blé, multipliés par sept entre 1950 et 2000, tendent désormais à baisser sous l'impact du réchauffement. Il faut gagner du temps en accélérant les adaptations», note Etienne Bucher. Mais il nuance aussi: «Il ne faut pas exagérer le potentiel de ces approches qui ne remplaceraient pas la sélection classique. Elles constituent simplement un outil supplémentaire.» L'enjeu touche de plus aux relations économiques: au niveau international, plusieurs entreprises ont des produits prêts à être déployés en cas de feu vert légal. Raison pour laquelle le Conseil fédéral doit proposer un moratoire assoupli en 2024. Ce serait l'un des virages possibles parmi la multitude de stratégies d'adaptation au changement climatique.

Nic Ulmi est journaliste indépendant à Genève.

# Mieux vaut recourir à un arbitrage

Les procédures d'arbitrage offrent des avantages par rapport à la voie judiciaire traditionnelle. Mais lors d'un divorce en Suisse, on n'y recourt pas encore très souvent.

Texte Lionel Pousaz

Avec son siège lausannois et ses décisions médiatisées, le Tribunal arbitral du sport aura sans doute éveillé la curiosité des Suisses. Mais la justice arbitrale ne s'arrête pas au domaine sportif. Dommages et intérêts, conflits de voisinage, commerce international... Elle permet de régler les litiges autrement, hors des tribunaux étatiques.

Dans les pays anglo-saxons, on y recourt aussi pour résoudre les conflits familiaux – pensions alimentaires, répartition des biens, voire garde parentale. En Suisse, c'est beaucoup plus rare. Quelles limites le



Finie, l'harmonie: certains litiges d'un divorce seraient mieux réglés par un arbitrage. Photo: Peter Dazeley/Getty Images

cadre légal helvétique fixe-t-il à l'arbitrage familial, notamment pour les questions qui concernent les enfants et le divorce? Clara Wack, doctorante en droit à l'Université de Fribourg, veut répondre à ces questions dans le cadre de sa thèse.

La justice arbitrale repose sur un accord entre les parties: au lieu de confier la résolution de leur conflit à un juge, elles font appel à un arbitre. Ce choix garantit une certaine confidentialité. Il favorise généralement un dénouement plus rapide que la voie judiciaire. Les parties s'engagent à respecter la décision rendue, qui est contraignante comme un verdict classique.

«Cet aspect contraignant constitue la principale différence avec la médiation, souvent utilisée en Suisse dans les conflits familiaux», explique Clara Wack.

## Comprendre la place de l'arbitrage en Suisse

La justice arbitrale est reconnue dans les 159 nations signataires de la Convention de New York. Mais le type d'affaires qui peuvent être soumises à l'arbitrage varie selon les pays. En Suisse, on considère généralement que les affaires parentales – par exemple la garde ou le droit de visite – ne peuvent pas être soustraites à la compétence d'un juge traditionnel.

Ce qui peut entrer dans le cadre de l'arbitrage familial s'inscrit au cœur des travaux de Clara Wack. Certaines questions sont relativement simples à trancher, d'autres plus complexes. Par exemple quand il s'agit de répartir entre les époux les biens acquis pendant le mariage: «Actuellement, les auteurs tendent à interpréter ces litiges comme librement disponibles, c'est-à-dire réglables sans la supervision d'un juge. Mais la question reste controversée. Pour les pensions, c'est encore plus débattu.» Avec sa thèse, Clara Wack ne cherche pas à promouvoir l'arbitrage dans les conflits familiaux, mais à comprendre, techniquement, quelle place lui laisse le droit suisse.

## Voie avantageuse mais pas sans danger

L'arbitrage présente certes des avantages par rapport à la voie judiciaire classique: rapidité, flexibilité et discrétion, entre autres. De plus, les décisions sont souvent plus simples à faire appliquer à l'international. «Dans le domaine des conflits familiaux, cela me semble sans doute l'un des points les plus intéressants», explique Clara Wack.

Mais Laura Bernardi, sociologue à l'Université de Lausanne et experte des questions familiales, rappelle aussi que l'important reste avant tout d'éviter les différends. En l'absence de litige, il existe d'ailleurs des alternatives à la voie judiciaire. «Le Valais a récemment introduit le concept de consensus parental. C'est une sorte de médiation élargie, lancée d'emblée avec les juges, les travailleurs sociaux, les médiateurs et les psychologues. Pour la grande majorité des cas, cette procédure a permis de trouver un accord dès la première séance.»

Selon Laura Bernardi, les procédures judiciaires actuelles exacerbent souvent les conflits parentaux. C'est pourquoi elle est favorable à certaines évolutions. «Mais s'il doit y avoir arbitrage, le danger existe que la procédure ne respecte pas les contraintes posées par l'Etat. A la fin, il faudra toujours prendre garde à ce que l'intérêt des parents ne l'emporte pas sur celui des enfants.»

Lionel Pousaz est journaliste scientifique et vit à Boston.



Les fourmis prédatrices clonales soignent leurs congénères malades. Une surprise pour les scientifiques. Photo: Martinho Girão Marques

# Lutte contre les épidémies au pays des fourmis

Des milliers d'animaux dans un espace très restreint: dans les fourmilières, les agents pathogènes devraient avoir la partie facile. Mais ces insectes parviennent malgré tout à tenir les épidémies en échec.

Texte Simon Koechlin

Vivre les uns sur les autres comporte des risques. Nous, les humains, le savons au moins depuis la pandémie de coronavirus. Les fourmilières représentent un exemple parfait de contacts sociaux étroits dans de grands ensembles. Yuko Ulrich, responsable de groupe à l'Institut Max-Planck de Iéna et ancienne professeure assistante à l'ETH Zurich, étudie la dynamique des infections dans les colonies de fourmis. Son modèle est la fourmi prédatrice clonale *Ooceraea biroi* originaire d'Asie. L'espèce a la particularité de ne pas avoir de reine et de se composer exclusivement d'ouvrières qui pondent toutes le même jour des œufs non fécondés desquels va éclore la génération suivante. Comme les colonies n'ont pas besoin d'être grandes pour fonctionner, la chercheuse peut les étudier dans des boîtes de Pétri. Chaque fourmi porte sur le dos un code en couleur. Des caméras et un logiciel enregistrent les parcours de chacune d'entre elles.

Avec son équipe, Yuko Ulrich étudie comment elles s'aperçoivent qu'une congénère est malade et leurs réactions. Pour cela, les scientifiques ont contaminé des insectes avec des spores fongiques. Leurs congénères ont immédiatement repéré les fourmis infectées et les ont soignées. Elles leur ont enlevé les spores, ce qui a nettement accru leurs chances de survie. «Nous avons été quelque peu surprises que les fourmis en bonne santé s'occupent à ce point de leurs collègues de nid malades, note Yuko Ulrich. Nous nous attendions plutôt à ce que celles-ci soient isolées.»

Les deux stratégies – soins et isolement – sont connues chez les fourmis, et ne s'excluent pas forcément, selon Nathalie Stroeymeyt, qui a mené des recherches sur les épidémies chez les fourmis à Lausanne et à Fribourg, et qui travaille maintenant à l'Université de Bristol. «Dans la phase initiale d'une épidémie, les individus infectés peuvent s'isoler eux-mêmes en passant plus de temps à l'extérieur de la

fourmilière tout en recevant des soins accrus de la part de leurs compagnons de nid», explique-t-elle. Une étude menée sur une couvée infectée a même montré que les nourrices peuvent passer d'une stratégie de soins à celle de la mise à mort dès que le taux de contamination devient trop important.

Les soins comme l'isolement ont leurs avantages et inconvénients, ajoute Yuko Ulrich. Soigner une congénère malade représente un risque de contamination, toutefois certainement limité en cas d'infection fongique. Mais il pourrait en être autrement d'un autre parasite. La chercheuse prévoit donc d'étudier la réaction des colonies à de nombreux autres agents pathogènes, dont des nématodes et des virus. «Nous partons du principe que les fourmis évaluent à quel moment quelle stratégie est la plus judicieuse – par exemple sur la base du danger que représente un parasite.»

## Réaction à une inflammation artificielle

Une question reste ouverte: comment les individus malades sont-ils identifiés? «Les fourmis pouvaient sans doute déceler l'odeur des spores fongiques, dit Yuko Ulrich. Mais nous voulions savoir si elles percevaient aussi une odeur de maladie produite par l'hôte.» A cette fin, l'équipe leur a injecté une substance provoquant une réaction inflammatoire dans l'organisme. Cela, pour simuler une infection sans que le sujet soit contagieux. Résultat: même sans agent pathogène, les fourmis malades ont été identifiées et reçu des soins corporels. Mais l'hypothèse de Yuko Ulrich, selon laquelle les fourmis le détectent via une sorte de molécule odorante sur la peau, n'a pas été confirmée dans leur étude. Il existe de nombreux autres signes de reconnaissance possibles, dit-elle. Telles des substances odorantes volatiles ou le comportement. Tout comme nous, les êtres humains, savons souvent intuitivement si quelqu'un se déplace plus lentement ou différemment à cause d'une maladie. Selon la chercheuse, les fourmis permettent de tester des modèles mathématiques également utilisés pour les épidémies chez l'être humain. «Il existe par exemple des prévisions théoriques selon lesquelles les agents pathogènes se propagent moins vite dans les réseaux sociaux constitués de différentes castes chargées de tâches déterminées.» La chercheuse reste cependant prudente face à l'idée de tirer des conclusions de ses études pour les épidémies humaines. «Il y a trop de différences entre les fourmis et les êtres humains.»

Simon Koechlin est journaliste scientifique indépendant à Brittnau (AG).

# Collaborer avec la Chine – oui, faire confiance – non

Attaque russe contre l'Ukraine ou attitude agressive de la Chine: le monde scientifique cherche fiévreusement des solutions sur la manière de régler la coopération scientifique avec des Etats non démocratiques à l'avenir.

Texte Florian Fisch



Collaboration internationale par excellence: l'expert en aimants Min Liao (à g.) et le directeur du département constructions de machines Xavier Bravo (à dr.) avec Eisuke Tada (au centre), directeur général d'ITER. Photo: ITER

«Nous voulons unir les peuples du monde entier et repousser les limites de la science et de la technologie pour le bien de toutes et tous.» C'est en ces termes que le CERN, à Genève, décrit sa mission. L'Unesco, sous le patronage de laquelle le CERN a été fondé en 1954, écrit sur son site Internet que la science peut être un langage commun et permet des contacts personnels au-delà de la politique internationale. En 1955, une délégation de scientifiques soviétiques était ainsi même venue en visite à Genève. Pour la majorité, il est de plus évident aujourd'hui que des problèmes mondiaux tels que le réchauffement climatique ou les pandémies nécessitent une coopération internationale.

Ce fondement de la coopération a toutefois été violemment ébranlé par l'attaque de la Russie contre l'Ukraine. Le CERN a par exemple suspendu le statut d'observateur de la Russie, interdit à ses propres chercheurs de collaborer avec des institutions russes et annoncé qu'il ne renouvellerait pas son accord de coopération avec l'Etat en 2024.

Certains scientifiques soutiennent également cette position ferme. C'est le cas du rédacteur en chef d'une revue spécialisée, qui préfère rester anonyme pour l'instant: «Les scientifiques du monde entier doivent collaborer. Mais ce n'est pas une bonne idée de le faire avec des Etats illégitimes.» Selon lui, sont

illégitimes tous les Etats non démocratiques qui, par définition, ne peuvent pas représenter la culture de leur population.

## Lignes directrices insuffisantes

La question de savoir comment coopérer avec la Chine est bien plus complexe que celle, relativement claire, du boycott de la Russie. L'Empire du Milieu se montre toujours plus agressif sur la scène mondiale et la situation des droits de l'homme dans le pays se détériore. La nouvelle loi chinoise sur la protection des données, entrée en vigueur en 2021, rend particulièrement difficile la collaboration avec les scientifiques du pays. Bien qu'elle protège

les utilisatrices des services numériques proposés par les entreprises, elle garantit à l'Etat un accès illimité aux informations. A cela s'ajoute la loi sur les services de renseignement de 2017, qui oblige l'ensemble des citoyennes du pays à collaborer à la demande des autorités. Le régime peut donc potentiellement contraindre toute Chinoise à coopérer.

L'attitude du gouvernement chinois va à l'encontre des valeurs scientifiques. «Presque tout principe d'intégrité est bafoué», constate Ralph Weber, professeur de sciences politiques à l'Université de Bâle. Il sait de quoi il parle, puisqu'il étudie la politique scientifique européenne et chinoise et a séjourné en 2003 et en 2010 à l'Université de Pékin pour ses travaux de recherche. Il explique que les démocraties occidentales laissent à la science une grande autonomie face à la politique. En Chine, par contre, ces systèmes ne sont pas dissociés. Jusqu'à récemment, ce problème était diffus. «Depuis l'arrivée de Xi Jinping au pouvoir, le pays se ferme de manière de plus en plus autoritaire.»

Tandis que dans des pays comme la Russie, il était parfaitement possible, avant la guerre, de collaborer avec des opposants au régime, il manque depuis longtemps en Chine une société civile capable d'agir indépendamment de l'Etat. Dans un système qui s'impose de manière aussi autoritaire, il n'est pas possible d'avoir confiance dans l'individu. «Je n'ai moi-même plus aucun contact avec ceux que je considérais comme des amis il y a encore quelques années.» D'où son conseil: «Les coopérations sont possibles sur des thèmes choisis, mais pas sur la base de la confiance.»

Tout le monde n'a pas une vision aussi noire. Basile Zimmermann, maître d'enseignement à l'Université de Genève et directeur de l'Institut Confucius qui reçoit aussi des fonds de Chine, y voit une réaction exagérée de l'Occident: «Nous avons une peur collective très ancienne des invasions barbares de l'Est. Les médias travaillent notre ressentiment.» Il dit voir les choses de manière pragmatique: ni la Chine ni l'Europe ne vont modifier leur système de sitôt. Bien qu'il soit difficile de gérer les différences, la Chine respecte tout à fait les règles en vigueur dans les autres pays.

Néanmoins, les institutions de recherche européennes sont inquiètes et se sentent dans l'embarras. La simple grandeur du pouvoir scientifique de la Chine exige de collaborer avec elle. Mais comment les uns peuvent-ils protéger les données de patientes quand les autres doivent les mettre à la disposition de l'Etat? Lidia Borrell-Damian, secrétaire gé-

rale de l'organisation faîtière européenne Science Europe, voit les choses ainsi: «La situation est actuellement très difficile, car les chercheuses et chercheurs en Europe ignorent ce qu'il adviendrait de leurs données si elles étaient partagées avec des scientifiques en Chine.» Diverses négociations sur des accords de coopération avec la Chine seraient ainsi bloquées actuellement.

### **Anticiper beaucoup, beaucoup plus!**

Actuellement, tant Science Europe que swissuniversities, la faîtière des hautes écoles suisses, travaillent avec des lignes directrices. Ces dernières décrivent les cas rencontrés de manière anonyme: un partenaire qui veut empêcher la publication d'un travail, des employés d'ambassade qui apparaissent soudainement et photographient les participants

## **«Nous avons une peur collective très ancienne des invasions barbares de l'Est.»**

Basile Zimmermann

lors d'une manifestation sur un thème politiquement sensible ou une université chinoise qui rompt le contact après que la ville d'origine de l'université partenaire allemande a honoré un militant des droits de l'homme. Dans chaque cas, une solution pragmatique aurait été trouvée.

Pourtant, le malaise persiste. En août 2021, l'histoire d'un doctorant de l'Université de Saint-Gall a défrayé la chronique. En raison d'un tweet critique à l'égard de la Chine, sa professeure aurait mis fin à son encadrement sous la pression de celle-ci. L'Université a infirmé le récit de l'étudiant, mais reconnu que le lien était rompu. Le doctorat reste inachevé, et l'autocensure devient un thème.

«Les guidelines sont une bonne chose, mais ne suffisent pas», explique le politologue Ralph Weber, qui a déjà conseillé un certain nombre d'universités sur ces questions. Celles-ci sont certes très conscientes de la problématique. Mais les chercheuses des pays démocratiques devraient être mieux informées de la situation actuelle dans les pays à régime autoritaire comme la Russie, la Chine ou l'Iran, afin de pouvoir décider en toute responsabilité si elles souhaitent coopérer. Pour cela, il faut

draît un centre de compétences national. «Peut-être faut-il même limiter davantage l'autonomie des scientifiques dans le cadre de la coopération dans des domaines proches de l'armée, tout comme des limites sont fixées pour la recherche sur les embryons humains», poursuit le politologue.

Au Secrétariat d'Etat à la formation, à la recherche et à l'innovation, on voit les choses différemment: «La Confédération est un facilitateur (qui ouvre la voie, ndlr) pour la coopération internationale et en matière de recherche et d'innovation, les hautes écoles et leurs scientifiques sont autonomes», écrit Martin Fischer, responsable de la communication.

Les autorités renvoient donc la balle à la recherche. Jean-Marc Rickli, directeur des risques mondiaux et émergents au Geneva Centre for Security Policy, saisit la balle au bond. Il fait partie des plus ardents donneurs d'alerte concernant la Chine et estime que la science doit s'armer de manière générale. Pour ce faire, il formule d'ailleurs des propositions concrètes. Il recommande notamment d'empêcher que la technologie ne se retourne contre nous-mêmes: «Nous devons nous débarrasser du mantra absurde de la Silicon Valley «Move fast and break things».» Au lieu de diffuser une technologie immature le plus rapidement possible, il préconise de suivre le principe de «Security by Design» et de compliquer tout abus dès le départ. Si la technologie risque d'avoir des conséquences catastrophiques, un «kill switch» peut par exemple y être intégré. Un tel bouton d'urgence, heureusement disponible, a sauvé le système de santé britannique en 2017, alors qu'il était bloqué par le logiciel de rançon WannaCry.

Une autre suggestion s'adresse aux directions des hautes écoles. Elles devraient réfléchir à l'avance à la manière de maintenir leur esprit critique et leur indépendance financière, même lors de tentatives de pression venues de l'extérieur. Cela aurait peut-être permis, dans le cas décrit de l'Université de Saint-Gall, d'éviter l'atteinte à sa réputation. Mais une chose est sûre pour tout le monde: la collaboration avec des régimes autoritaires nécessite davantage de connaissances – que ce soit sur les propres systèmes de sécurité ou sur le fonctionnement des gouvernements autoritaires – et ce, par le biais de centres de compétences ou par des formations. Le Genevois Basile Zimmermann le formule ainsi: «Si on ne se comprend pas, on est mal équipé pour réagir en cas de crises.»

Florian Fisch est codirecteur de la rédaction d'Horizons.

# Des supercalculateurs aux forêts de châtaigniers

Le Tessin est souvent décrit comme l'antichambre ensoleillée de la Suisse. Mais c'est aussi un site de recherche au rayonnement international. Voyage découverte.

Texte Simone Pengue Illustrations Clara San Millán

## Le centre pour la défense immunitaire

Lieu: Istituto di ricerca biomedica, Bellinzona

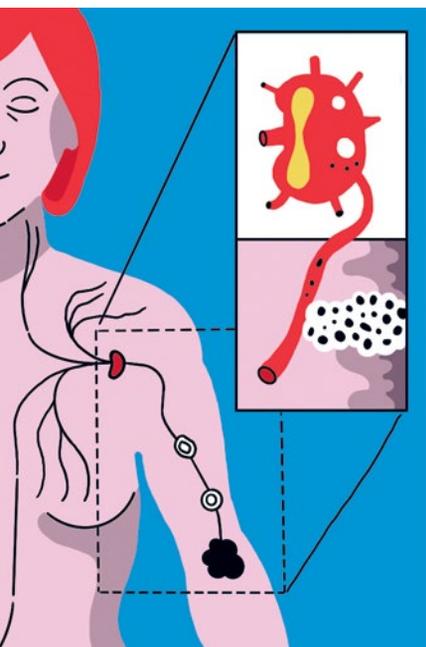
A mi-chemin entre la rivière Ticino, à l'origine du nom du canton, et le stupéfiant Castelgrande de Bellinzone se trouve l'Institut de recherche en biomédecine (IRB). Affilié à l'Università della Svizzera italiana (USI), il accueille plus de 100 scientifiques de plus de 25 pays impliqués dans la

recherche de pointe en sciences de la vie. «Notre objectif est de faire progresser les études en immunologie humaine, en particulier les mécanismes de défense de l'hôte», note Davide Robbiani, directeur de l'IRB. Le système immunitaire est cette arme incroyable du corps humain qui identifie et neutralise les virus et les menaces bactériennes et peut aussi détecter et détruire les cellules tumorales.» Il va sans dire que l'immunologie va de pair avec les applications médicales. Au cours des dernières années, les scientifiques de l'IRB ont lancé avec succès deux start-up médicales, Humabs BioMed et MV BioTherapeutics. Inauguré en 2021, le bâtiment flambant neuf de l'IRB

s'intègre dans le projet ambitieux de croissance continue de l'Institut. Depuis sa fondation en 2000 avec quatre groupes de recherche, il a attiré neuf leaders de groupes additionnels et prévoit d'en recruter encore quatre dans les années à venir pour s'ouvrir à de nouveaux domaines en immunologie et en biomédecine. «Nous sommes sur le point de lancer des projets en immunologie du cancer avec l'Institut de recherche en oncologie, qui est comme nous à Bellinzone et affilié à l'USI. Nous discutons aussi de collaborations avec des facultés de l'USI à Lugano et la Haute école spécialisée de la Suisse italienne (Supsi) où la recherche est forte, par exemple en santé publique et sur l'intelligence artificielle», ajoute-t-il.

Même hors IRB, Davide Robbiani est enthousiasmé par le paysage scientifique tessinois. «L'élan et l'enthousiasme pour les sciences de la vie sont actuellement considérables au Tessin. Cela a conduit au développement d'un programme d'études médicales innovant à l'USI avec son partenaire, l'ETH Zurich.» Dans ce cadre dynamique, l'IRB contribue au développement du secteur des sciences de la vie voulu par le Tessin. «Le canton semble aussi devenir un pôle d'attraction pour les entrepreneurs des sciences de la vie: ces derniers mois, deux start-up ont été lancées à Bellinzone et une troisième les rejoindra bientôt.»

Davide Robbiani a transféré en 2010 son laboratoire d'immunologie de New York au Tessin pour diriger l'IRB. Interrogé sur ses objectifs scientifiques, sa réponse est pragmatique: «Une question à laquelle j'ai pas mal réfléchi ces derniers temps est celle de la mémoire immunitaire.



Comme le cerveau, le système immunitaire est capable de se souvenir de rencontres antérieures. Comprendre la base moléculaire de cette mémoire immunologique à long terme est un défi à la fois important et fascinant pour moi.»

## A propos de feux, palmiers et châtaigniers

Institut fédéral de recherches sur la forêt, la neige et le paysage, Cadenazzo

Des forêts magnifiques, de beaux vignobles et quantité de soleil. Voilà le Tessin que nous connaissons et apprécions. Mais un paysage si riche doit être entretenu. C'est l'objectif du groupe de recherche de Cadenazzo, dirigé par Marco Conedera de l'Institut fédéral de recherches sur la forêt, la neige et le paysage WSL. Il développe des instruments pour surveiller et gérer les systèmes naturels du sud des Alpes.

Des cinq sites du WSL de Suisse, Cadenazzo est le seul au sud des Alpes. L'équipe de quatre personnes dirigée par Marco Conedera veut comprendre les changements touchant les forêts sauvages et les terres agricoles des paysages méridionaux. «D'une part, il y a le réchauffement climatique et, de l'autre, notre utilisation du sol a radicalement changé après la Seconde Guerre mondiale. Ces deux facteurs influencent fortement l'évolution de nos paysages», explique le chercheur. Une des principales conséquences de la hausse des températures et du manque de gestion dans l'agriculture de montagne a été la progression des incendies de forêt. C'est pourquoi lorsque, en 1984, Marco Conedera est revenu dans sa ville natale d'Arbedo après avoir obtenu son diplôme d'ingénieur forestier à l'ETH Zurich, il a éprouvé le besoin d'étudier sa région et les feux qui touchaient ses forêts de châtaigniers. Ce choix l'a finalement conduit à développer avec ses collègues des instruments de prévention

tels que Fire Niche, un logiciel qui utilise les données historiques sur la météo et les incendies pour prédire les risques de feux de forêt. Fire Niche est maintenant utilisé au Tessin pour des alertes publiques ou des interdictions d'allumer des feux. «Les forêts concernent aussi les habitants des villes, remarque Marco Conedera. Ainsi, en décembre 2023, il y aura cinquante ans qu'un terrible incendie de forêt dans le Valcolla avait obscurci le ciel au-dessus de Lugano pendant trois jours.»

Les incendies ne sont pas l'unique problème. Le réchauffement mondial, l'absence de barrières naturelles entre la Suisse et les pays méditerranéens et une population qui ne cesse de bouger favorisent la prolifération de nouvelles espèces dans la région, les palmiers étant l'exemple le plus frappant. Les nouvelles essences introduites doivent être étudiées à fond pour connaître leur impact sur l'éco-

système, le sol et les êtres humains. Elles peuvent par exemple apporter de nouvelles spores qui causent des réactions allergiques souvent sévères.

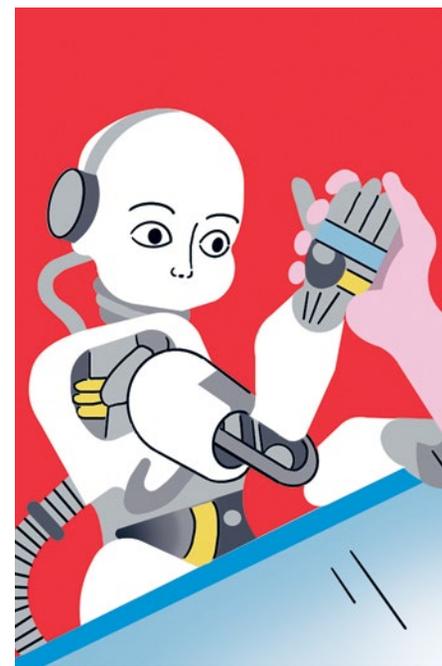
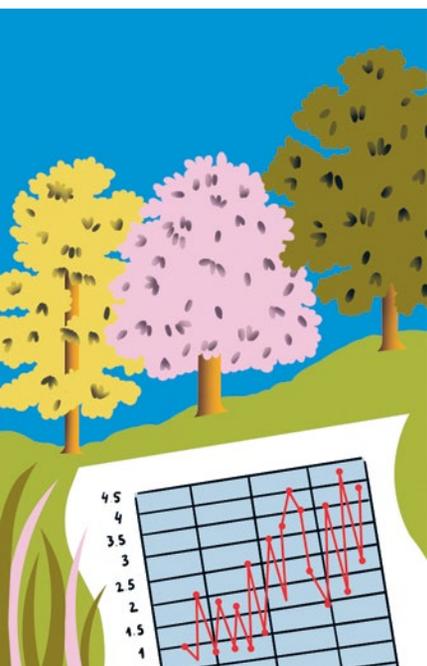
Les recherches sur le site WSL de Cadenazzo ont encore ceci de remarquable qu'elles permettent de prédire ce qui adviendra en Suisse au cours des décennies à venir dans les régions du nord des Alpes. «Alors que les températures continuent d'augmenter, ce que nous voyons aujourd'hui au Tessin se produira dans trente ans dans le reste du pays. Nous pouvons déjà le constater», note Marco Conedera. Et d'ajouter: «Sur le Plateau suisse au nord des Alpes, des espèces telles que les frênes et les épicéas vont de plus en plus mal. Beaucoup de gens envisagent de les remplacer par des espèces méridionales tels les châtaigniers. Les expériences réalisées au sud du pays offrent à la Suisse une chance unique de répondre au réchauffement climatique.»

## Le père de l'IA moderne

Personne: Jürgen Schmidhuber de l'Istituto Dalle Molle di studi sull'intelligenza artificiale, Lugano

«Créer une intelligence artificielle plus intelligente que soi et prendre sa retraite.» C'est l'objectif ambitieux de Jürgen Schmidhuber depuis son adolescence. Après trois décennies de recherche à l'Université technique de Munich et à l'Institut Dalle Molle de recherche en intelligence artificielle (Idisia), cet informaticien décrit par les médias comme le «père de l'intelligence artificielle moderne» pourrait bien être près de son but. Ce faisant, il a conduit son groupe à des découvertes décisives sur l'IA.

Après sa fondation en 1988 par le philanthrope italien Angelo Dalle Molle qui rêvait d'un monde où les humains et la technologie vivraient côte à côte en quête d'une vie meilleure, l'Idisia, qui fait à la fois partie de la Supsi et de l'USI, est rapidement devenu un leader de la recherche sur l'IA. Depuis 1991, il mène des recherches pionnières sur les algorithmes utilisés par les réseaux neuronaux, une technologie courante pour l'IA. Le concept de base d'un réseau de neurones artificiels a effectivement une forte parenté avec la manière dont les êtres humains pensent et apprennent. «Notre cerveau a des milliards de neurones: certains sont des neurones d'entrée qui alimentent le reste avec des données, ouïe, vue, toucher, douleur, faim, etc. D'autres sont des neurones de sortie qui activent les muscles, explique Jürgen Schmidhuber. La plupart sont cachés entre les deux et c'est là que la pensée a lieu. Le réseau neuronal apprend en modifiant la force des connexions, force qui détermine dans quelles mesures les neurones s'influencent mutuellement et qui semble encoder toute



elles espèces dans la région, les palmiers étant l'exemple le plus frappant. Les nouvelles essences introduites doivent être étudiées à fond pour connaître leur impact sur l'éco-

une vie d'expériences.» Selon le scientifique, il en va de même pour les réseaux neuronaux artificiels, qui apprennent à reconnaître les langues, l'écriture manuelle ou des vidéos et à minimiser la douleur, maximiser le plaisir, conduire des voitures et bien d'autres choses.

Les algorithmes développés par son laboratoire sont utilisés par la majorité des géants les plus connus des technologies de l'information tels que Google, Facebook, Amazon et Microsoft. En 2014, Jürgen Schmidhuber a transféré ses découvertes théoriques dans la société Nnaisense. Basée à Lugano, celle-ci fournit des solutions IA de pointe pour l'industrie et la finance. Le pionnier est très optimiste quant à l'avenir de cette industrie au cœur de l'Europe: «Quand nous avons fondé notre société Nnaisense, presque tous les investisseurs qui appelaient étaient établis hors d'Europe sur le pourtour du Pacifique. Ce n'est plus le cas. Pour notre seconde levée de fonds, nous avons subitement constaté un fort intérêt et des investissements substantiels du côté des entreprises européennes également. On peut dire globalement que ce nous voyons n'est qu'un reflet venant de la pointe de l'iceberg qui se dirige vers nous.»

### «Nous produisons de l'encre bio avec principe actif»

Personne: Elia Guzzi, cofondateur de la start-up InkVivo, Lugano

Délivrer des médicaments dosés précisément et au bon moment: c'est la mission d'InkVivo, start-up basée à Lugano avec des laboratoires à Zurich. Elia Guzzi, qui l'a fondée avec Stefano Cerutti, parle de ses ambitions.

«Nous concevons des systèmes spéciaux qui distribuent les principes actifs de façon contrôlée, à savoir une encre bio avec laquelle nous fabriquons des médicaments dans une imprimante 3D. Ils peuvent être implantés dans le corps ou ingérés. L'idée était à l'origine de développer un système d'approvisionnement postopératoire. Il devait libérer de petites molécules de principe actif contre l'inflammation et la douleur après une chirurgie orthopédique. Ensuite, nous avons découvert que nous pouvions aussi utiliser notre biomatériau pour d'autres défis tels la régénération des tissus, la chimiothérapie ou l'apport ciblé de micronutriments.

L'idée scientifique est basée sur mon doctorat à l'ETH Zurich. A mi-2020, je me suis demandé: comment l'appliquer en médecine.

Quand j'ai commencé à me renseigner auprès d'experts, j'ai réalisé que la distribution contrôlée de médicaments était un réel besoin en médecine. A la différence des solutions existantes, notre méthode ne se concentre pas seu-

lement sur la formule, mais aussi sur le système de distribution. A cet égard, nous sommes uniques.

Avant mon doctorat, je travaillais dans une start-up et appréciais cet environnement très dynamique. Chaque jour, on fait autre chose. C'est beaucoup de travail et de responsabilités, mais très valorisant aussi. C'était unique. Je pouvais me concentrer sur mes intérêts et utiliser mes compétences techniques pour résoudre des problèmes. Je crois que c'est le plus important pour moi: relever un défi avec mes propres idées.

En 2020, mon associé Stefano Cerutti faisait son MBA. Nous sommes amis depuis près de dix ans et je savais qu'il s'intéressait aux nouvelles technologies car il a aussi une formation d'ingénieur. Je l'ai donc contacté et lui ai demandé: «Penses-tu qu'on peut élaborer une start-up avec mon encre bio?» Il a immédiatement répondu: «Elia, tu dois aussi penser au commercial. Il ne s'agit pas que de technologie!» Nous avons alors commencé à travailler côte à côte. Il s'est occupé de la partie financière. Pour moi, en tant que scientifique, c'est important d'être soutenu de ce côté.

En 2022, nous avons remporté le Boldbrain Startup Challenge avec la condition de nous établir au Tessin. Nous avons saisi l'opportunité. Nous sommes maintenant à l'USI Startup Centre, un incubateur de start-up où nous profitons du soutien d'experts pour nos prochaines étapes. S'il nous faut un soutien, on nous met en contact avec des coachs ou des experts. On nous aide par exemple pour la stratégie commerciale et les accords de collaboration. C'est très précieux car nous avons affaire à des acteurs majeurs.»

### «Mon groupe travaille à la fabrication de structures céramiques pour centrales thermiques solaires»

Personne: Alberto Ortona, chef de groupe du Hybrid Materials Laboratory à la Scuola universitaria professionale della Svizzera, Lugano

«Si on examine le nombre de projets européens créés chaque année en Suisse, on note que le Tessin appartient aux régions les plus actives. La raison: nous faisons beaucoup de recherche et avec succès, surtout en tenant compte du fait que le canton compte seulement 350 000 habitants. Mon domaine est très spécifique, mais je dirais que nous avons vécu une sorte de boom ces dernières années.

Actuellement, nous nous occupons surtout de la conception, des tests et de la fabrication de structures céramiques complexes pour divers usages. Entre autres, nous travaillons sur des applications de haute technologie dans l'énergie, par exemple pour les centrales solaires thermiques, dans lesquelles de nombreux miroirs focalisent la lumière solaire en un seul point: à cet endroit est échauffé un absorbeur qui transfère ensuite l'énergie concentrée à un fluide. Nous participons aussi au projet européen Hydrosol-Beyond pour lequel nous développons des systèmes de récupération de chaleur après craquage de l'eau. C'est un processus au cours duquel on extrait de l'hydrogène et de l'oxygène purs de l'eau. Notre objectif est d'obtenir de la chaleur produite du-



rant ce processus pour préchauffer l'instrument de fractionnement de l'eau et récupérer ainsi de l'énergie. Pour cela, nous créons une nouvelle génération d'échangeurs de chaleur qui doivent fonctionner à très hautes températures, d'environ 1200 degrés Celsius et être très compacts. C'est précisément ce qu'offrent nos structures céramiques.

Un troisième exemple est un projet national dans le domaine du stockage thermo-chimique de chaleur. On peut stocker de la chaleur l'été et la restituer en hiver en absorbant puis en libérant de l'eau dans une solution chimique à base d'hydroxyde de sodium.

Deux hommes très sympathiques qui travaillaient avec moi viennent de rejoindre deux entreprises tessinoises et font à peu près ce qu'ils faisaient à la Supsi à des fins de recherche. Cela montre que les personnes hautement spécialisées en sciences des matériaux sont demandées ici.

J'aime évoquer mon rêve, qui serait de créer un composant pour une machine efficace à 100%. Ce n'est qu'un rêve, un rêve impossible, mais c'est le mien.»



### «Ce sera la machine capable d'IA la plus performante du monde»



Le cœur informatique de la Suisse bat à Lugano dans le Centre suisse de calcul scientifique (CSCS), qui fait partie de l'ETH Zurich. Les scientifiques de Suisse qui ont besoin de ressources informatiques considérables pour des simulations ou du calcul informatique y trouvent toutes les infrastructures de premier plan nécessaires pour la gestion des données et le calcul de haute performance. Maria Grazia Giuffreda, vice-directrice du CSCS depuis 2013, évoque ici le passé et l'avenir de l'informatique au Tessin et en Suisse.

### En 2023, le CSCS aura un nouveau superordinateur battant tous les records nommé «Alps». Pourquoi ce nom?

Nous donnons toujours à nos superordinateurs des noms de montagnes suisses. Dans ce cas, Alps reflète une nouvelle conception de l'infrastructure informatique où, sur une machine unique, vous pouvez créer des grappes virtuelles analogues à des groupes de sommets individuels dans les Alpes. Alps sera utilisé dans de nombreux domaines de recherche tels que la météorologie et le climat, la science des matériaux, les sciences de la vie, la fusion nucléaire ou l'astrophysique. Ce système sera la machine capable d'intelligence artificielle la plus puissante du

monde et le CSCS est déjà en contact avec l'Idisia (lire l'entretien avec Jürgen Schmidhuber) pour établir ce dont l'IA a besoin pour l'exploiter pleinement.

### Pourquoi le CSCS est-il établi au Tessin?

En fait, ça a été une décision politique. Quand dans les années 1980 les politiques et les scientifiques ont commencé à discuter d'un centre de supercalcul en Suisse, le Tessin a réussi à faire une offre de construction dans les délais prévus impossible à refuser. Le fait que nous soyons physiquement détachés de l'ETH Zurich renforce le sentiment que nous sommes là pour la Suisse entière. Tous les scientifiques ont les mêmes chances et il n'y a pas de traitements préférentiels. Je dois ajouter que les nouveaux tunnels de base du Saint-Gothard et du Ceneri nous ont vraiment rapprochés physiquement du reste de la Suisse. Depuis leur ouverture, nous avons reçu bien davantage de visiteurs et d'utilisatrices arrivant de l'autre côté des Alpes pour s'entretenir avec nous. Nous contribuons aussi à l'économie régionale parce que nous offrons de nombreux emplois à la population locale et engageons des techniciennes du canton.



### Le Tessin est-il un bon environnement pour la science?

Depuis mon arrivée ici il y a seize ans, le Tessin a révélé son potentiel en matière de technologies et de science et vécu une énorme révolution scientifique, en particulier dans l'informatique et l'IA. Aujourd'hui, l'intérêt pour l'IA et l'apprentissage machine est tel que le Tessin pourrait bien devenir la Silicon Valley de la Suisse. En dépit de sa taille, le canton réunit dans plusieurs domaines une forte concentration d'instituts capables et novateurs. Il nous faut en tirer parti.

### Les sciences informatiques sont souvent dominées par des hommes. Comment le vivez-vous?

Le problème vient de ce que les MINT (mathématiques, informatique, sciences naturelles et techniques) restent encore très masculines, y compris ici en Suisse. Même maintenant, en tant que vice-directrice, je dois toujours prouver que je suis à ma place. On vous observe constamment. Nous, en tant que femmes, devons nous présenter plus sûres de nous. Parfois, j'ai l'impression que nous n'essayons même pas un certain nombre de choses parce que cela paraît trop difficile. Nous renonçons trop tôt, mais ce n'est pas la bonne attitude.

Simone Pengue est journaliste indépendant à Bâle et à Lugano.

# «Un problème de mathématiques est quelque chose d'intime»

En 2022, Maryna Viazovska a reçu une Médaille Fields, la plus haute consécration en mathématiques. La jeune professeure ukrainienne de l'EPFL s'exprime sur ses recherches, sa vision de la science et une rencontre avec les parlementaires suisses.

Texte Daniel Saraga Photo Catherine Leutenegger

## Marina Viazovska, qu'avez-vous ressenti lorsque la Médaille Fields vous a été attribuée?

Une grande joie, bien sûr. C'est un honneur d'être l'une des rares personnes à recevoir ce prix. Mais j'ai noté un paradoxe: il récompense nos recherches en mathématiques mais nous pousse ensuite à faire beaucoup de vulgarisation, dans laquelle nous n'abordons pas les aspects techniques qui font justement la valeur de nos travaux.

## Trop de vulgarisation à votre goût?

Je me bats un peu pour passer du temps seule avec les mathématiques. Mais parler avec des gens qui ne connaissent rien de mon sujet est aussi une expérience très intéressante, car entièrement nouvelle pour moi. Les scientifiques doivent avoir de la curiosité, non? Je me demande alors: pourquoi ces gens sont-ils venus m'écouter? Que connaissent-ils des mathématiques? Qu'est-ce qui les intéresse?

## En septembre 2022, vous avez été invitée au Parlement fédéral avec Hugo Duminil-Copin, l'autre Médaille Fields suisse de 2022. Quelles impressions retirez-vous de la rencontre?

Je suis peut-être naïve, mais j'ai ressenti une énergie positive et un intérêt sincère. Peut-être parce que mon travail est neutre et ne concerne pas la politique. Nous avons aussi abordé l'importance de la collaboration internationale et de la recherche fondamentale, des demandes que les scientifiques peuvent faire à la poli-

tique. Je n'aime pas trop justifier la recherche fondamentale par son éventuelle utilité plus tard. J'aime le fait qu'elle nous permet de ralentir un peu et de réfléchir à ce que nous faisons et à ce que nous voulons. Pour moi, nombre de nos problèmes ne sont pas dus à un manque d'outils pour réaliser notre vision, mais au fait que celle-ci n'est pas la bonne.

## Votre spécialité est le problème de l'empilement des sphères. En trois dimensions, il n'a été résolu qu'en 1998. Pourquoi est-il si difficile?

C'est un problème d'optimisation ayant un nombre infini de degrés de liberté (de paramètres, ndlr). De plus, la solution n'est pas unique: le meilleur empilement tridimensionnel est un empilement de couches hexagonales, mais on peut les décaler d'un nombre infini de manières sans détruire l'arrangement. A partir des années 1950, on a trouvé des moyens pour reformuler le problème avec un nombre fini de paramètres, qui s'avère toutefois gigantesque.

## Quand vous êtes-vous attaquée au problème des sphères en huit dimensions?

En 2014, lors de mon postdoc à l'Université Humboldt de Berlin. C'était un pari, car en mathématiques on ignore si on va réussir ou pas. Si on sait comment résoudre un problème, c'est qu'il est en fait déjà résolu.

## Vous avez également résolu le problème en 24 dimensions. Pourquoi 8 et 24?

Parce que ces dimensions ont des symétries

spéciales. En 2001, les mathématiciens Cohn et Elkies de l'Université Harvard ont estimé de façon très précise par ordinateur la densité de l'empilement des sphères en dimensions 8 et 24, mais sans pouvoir donner une forme explicite à la fonction auxiliaire qu'ils avaient employée. Ma contribution a été de la trouver. J'ai utilisé ce qu'on appelle des «formes modulaires», sur lesquelles j'avais travaillé durant mon doctorat. La chance a joué un rôle.

## De la chance? Les spécialistes considèrent votre travail comme très élégant, très créatif.

Mon travail ressemble à la recherche de l'or. On s'équipe avec des outils, on va jusqu'en Alaska, on commence à creuser, il y a beaucoup de poussière, et si on a de la chance, on trouve des petites pépites: ce sont des formules, des résultats, quelques théorèmes. En mathématiques, nous travaillons avec des idées, et la plupart d'entre elles meurent, tout simplement. Je vois mon approche comme un peu naïve. Je travaille sur des problèmes assez simples pour que je puisse les comprendre mais qui soulèvent une question qui me semble fondamentale. Après, je m'y attaque avec tous les outils que je possède et développe ceux qui me manquent. Il faut essayer d'avoir une vision globale de la question. Je suis davantage une personne qui résout des problèmes que quelqu'un qui élabore des théories.

## Vos prochains projets?

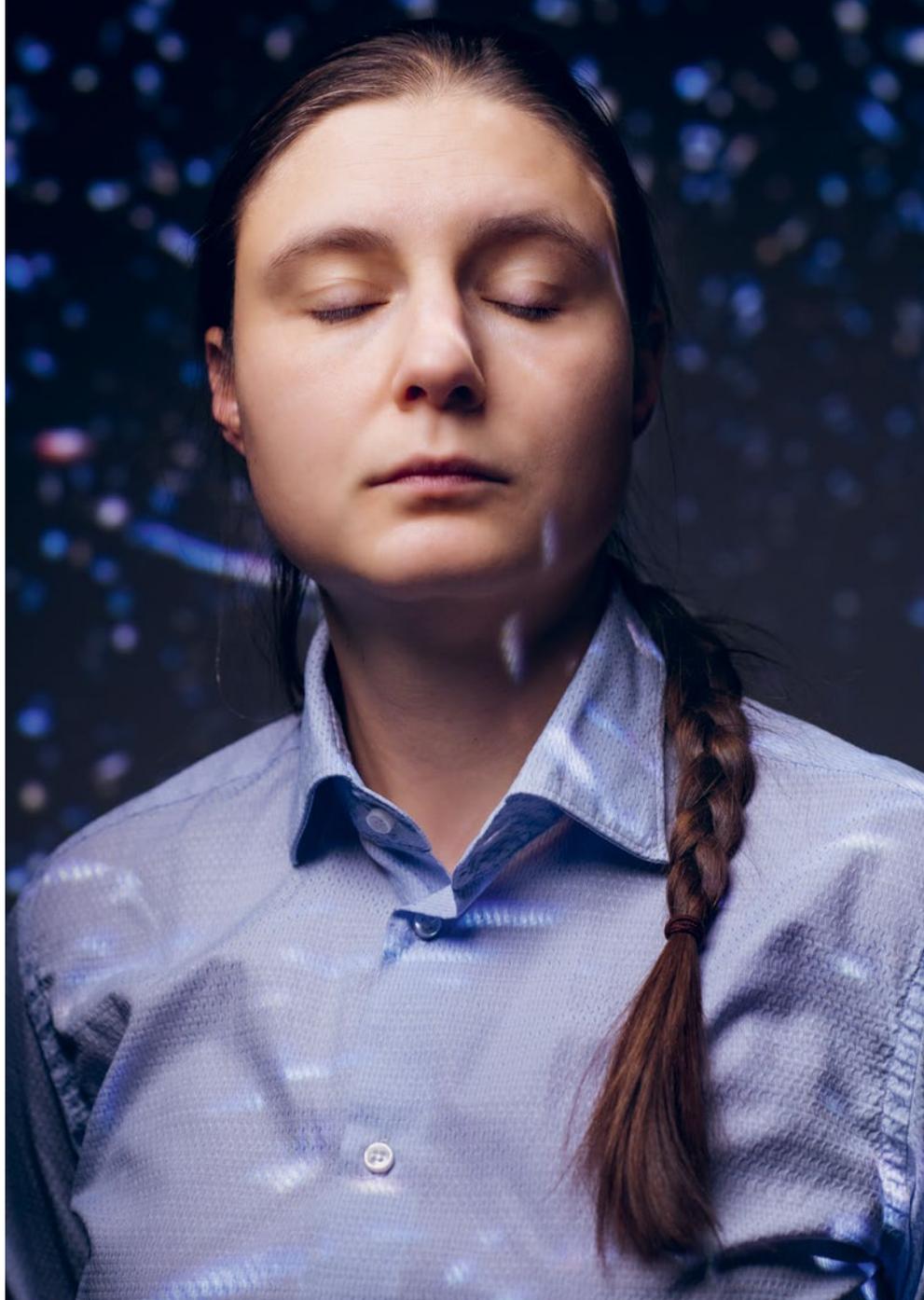
Je vais continuer avec l'optimisation géométrique, c'est un domaine passionnant qui offre une infinité de problèmes. Mais je n'aime pas trop en dire, cela porte malheur.

## Par superstition? Ou craignez-vous que la concurrence vole votre sujet?

Un peu les deux, je crois. Un problème de mathématique, c'est aussi quelque chose d'intime et que je veux garder pour moi. Mais je peux dire que je vais travailler sur l'empilement des

## Médaille Fields: les maths suisses contemporaines sont reconnues

Considérées comme le **prix Nobel de mathématiques**, les Médailles Fields sont décernées tous les quatre ans à deux, trois ou quatre personnes de moins de 40 ans. Des scientifiques travaillant ou ayant grandi en Suisse en ont remporté une dans les cinq dernières éditions: Stanislav Smirnov (Université de Genève) en 2010, Martin Hairer (Université de Warwick) en 2014, Alessio Figalli (ETH Zurich) en 2018 ainsi que Hugo Duminil-Copin (Université de Genève) et Maryna Viazovska (EPFL) en 2022.



sphères dans des espaces ayant un nombre de dimensions élevé. On sait que la densité va vers zéro, c'est-à-dire qu'il y a de plus en plus de vide entre les sphères lorsque le nombre de dimensions tend vers l'infini, mais sans connaître la vitesse de cette décroissance. Et que le meilleur arrangement est probablement aléatoire, pas structuré comme dans les espaces à petites dimensions. Une question importante reste ouverte: est-ce que le hasard gagne sur la structure dans les espaces à dimensions élevées?

#### **Cela pourrait-il avoir une utilité pratique?**

Oui, c'est lié à la théorie de l'information: comment peut-on densifier au mieux les messages qu'on envoie, et comment les corriger en cas

d'erreur de transmission? Les travaux de Claude Shannon montrent que le nombre de bits contenu par chaque message doit être le plus grand possible – et il correspond justement à la dimension des sphères.

#### **Vous êtes la deuxième femme à remporter une Médaille Fields, sur 64 personnes. Faut-il aborder cet aspect?**

J'espère qu'un jour on ne me posera plus la question, pas pour moi mais pour les mathématicques! La diversité est importante, car les scientifiques apportent toujours leur personnalité dans leurs travaux. La situation n'est pas si mauvaise dans mon institut, avec 7 femmes professeurs sur 30.

## **Une nouvelle pointure des mathématiques**

L'Ukrainienne Maryna Viazovska a fait sensation en 2016 avec sa solution du **problème de l'empilement de sphères le plus compact en huit dimensions**, décrite comme étant «d'une simplicité à couper le souffle». Après le New Horizons Prize in Mathematics en 2017 et le prix Latsis National en 2020, la Médaille Fields lui a été attribuée en 2022. Elle est seulement **la deuxième femme distinguée** par ce prix. A 34 ans, elle a été nommée professeure à l'EPFL, après avoir travaillé à l'Université Humboldt de Berlin et à l'Institut des hautes études scientifiques à Paris. Elle a un doctorat de l'Université de Bonn et un master de l'Université nationale Taras Chevtchenko de Kiev.

#### **Vous avez grandi à Kiev dans l'ex-URSS. Quels sont vos souvenirs d'alors?**

Ils sont rares, j'avais 6 ans quand l'Union soviétique s'est scindée... Il est difficile de savoir si un souvenir est réel ou reconstruit lorsqu'on entend beaucoup parler du passé.

#### **Comment vivez-vous la guerre actuelle?**

Mes sœurs et leurs enfants ont quitté Kiev au début de l'invasion et nous les avons accueillies pendant quelques mois – elles ont maintenant un logement. Mes grands-parents ne veulent pas quitter l'Ukraine et nous avons fait tout ce que nous pouvions pour les aider, notamment avec le chauffage.

#### **Collaborez-vous avec des institutions ukrainiennes?**

Oui, j'ai visité cet été mon alma mater, l'Université Taras Chevtchenko de Kiev, où je donne depuis trois ans un cours en ligne.

#### **Votre reconnaissance internationale pourrait-elle inspirer les étudiants et étudiantes?**

J'ignore à quel point je suis un modèle pour les gens sur place. Je n'ai jamais vécu une situation telle que la leur. Et de toute façon, les scientifiques qui y enseignent sont des gens très inspirants. Mais il est important de ressentir un soutien de l'extérieur. J'espère que les mathématiques leur permettent d'oublier un peu le quotidien.

Daniel Saraga est journaliste indépendant à Bâle.



## Apprendre ensemble pour résoudre les crises

«Des solutions viables sont possibles si nous allons les uns vers les autres...» (Simonetta Sommaruga le 7 décembre 2022)

Je me réfère volontiers au numéro de décembre 2022 d'Horizons et au discours d'adieu de la conseillère fédérale Simonetta Sommaruga. Pendant la pandémie et dans les débats sur le climat, nous, les scientifiques, avons toutes et tous dû non seulement améliorer le dialogue,

mais aussi et surtout comprendre qu'il nous revenait d'ouvrir la voie dans la jungle des systèmes, afin que la «courroie de transmission» entre la science et la politique ou la société fonctionne. Nous n'avons guère besoin de plus de forums, de réunions et de rapports qui établissent des diagnostics. Les stratégies de case management font toujours défaut. Il nous est demandé de trouver concrètement des solutions dans nos réseaux avec les centres de compétences, afin que les connaissances issues de la science – savoir et non-savoir, et donc options d'action et incertitude – parviennent directement aux décideurs et pas seulement par les canaux diffus prédominants.



Photo: mäd

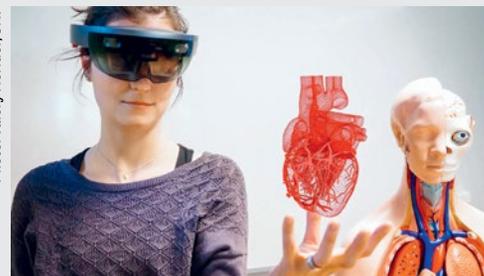
Marcel Tanner est président du groupement des Académies suisses des sciences A+.

Il faut des partenariats d'égal à égal. Ceux-ci impliquent d'apprendre ensemble comment résoudre les questions et les crises le plus efficacement possible. Au cœur de tout partenariat, des rôles et des responsabilités sont clairement définis à tous les niveaux. Le partenariat désigne ce que nous conseillons la citation d'introduction: nous, scientifiques, devons non seulement renforcer la collaboration transdisciplinaire, mais aussi aller à la rencontre les uns des autres, afin que la production de preuves et les options d'action qui en résultent s'enracinent de manière itérative et durable dans notre société. Pour ce faire, nous devons certes persévérer; avec une rigueur scientifique, avec la tête, le cœur et la main, et donc aussi avec une humilité sincère. C'est ce qu'enseignent des décennies d'expériences et ce qui décrit aussi le climat fertile de l'écosystème de la science, de la politique et de la société, qui garantit les innovations et les solutions viables.

Les partenariats de recherche visant un apprentissage mutuel en vue du changement et, liés à ceux-ci, les processus itératifs d'égal à égal avec des pays du Sud ont permis de belles réussites dans le domaine de la lutte contre les maladies de la pauvreté telles que la malaria, le sida ou d'autres affections négligées. Nous avons donc tout intérêt à apprendre, ensemble, au-delà des systèmes et des cultures. D'autant que les sociétés qui disposent de ressources limitées, fragiles sur le plan social et politique, ont souvent développé des voies de transmission efficaces entre la science et la politique ou la société. Nous vivons dans un seul et même monde et non dans le premier, le deuxième ou le tiers monde.

## Cinq milliards pour quatre ans

Photo: Valéry Hentier/SNF



La recherche suisse se trouve à un tournant. Pour qu'elle puisse relever les défis à venir, le FNS a défini quatre priorités dans son programme 2025-2028. «Nous devons renforcer le réseautage international des chercheuses et chercheurs, exploiter pleinement le potentiel de la recherche, œuvrer ensemble pour un avenir durable et faire avancer la numérisation dans la science», explique Matthias Egger, président du Conseil national de la recherche. Pour mettre en œuvre ces mesures, le FNS a besoin de 5,17 milliards de francs de contributions fédérales pour la période 2025-2028.

## Expo primée sur l'agriculture suisse

Photo: Silvana Tovaglieri



L'exposition «Qui est l'agriculture?» du musée agricole de Burgrain dans l'arrière-pays lucernois examine quelle contribution chacun de nous peut apporter à l'agriculture. La jugeant «courageuse, objective, bien pensée, interdisciplinaire et très bien structurée», l'Académie suisse des sciences naturelles (SCNAT) a décerné au musée son prix Expo 2022. Elle relève qu'elle suscite une vive curiosité d'apprendre ce que nous pouvons faire, nous, visiteuses et consommateurs, pour que notre agriculture perdure et évolue. Cette question très politique, résumée dans le slogan «Nous sommes tous et toutes des agricultrices et des agriculteurs», est abordée en profondeur mais sans jugement, a estimé le jury.

## Les impacts du Covid-19 sur la société

Comment améliorer la gestion de crise dans l'éventualité d'une future pandémie? Comment la pandémie a-t-elle affecté le bien-être collectif et celui des individus? Les 25 projets du Programme national de recherche «Covid-19 et société» (PNR 80) s'intéressent à l'influence de la pandémie sur la société suisse. Afin de réaliser leur recherche, les scientifiques se focaliseront sur des régions, des couches de population et des groupes d'âges différents. Une enveloppe de 11 millions de francs a été allouée pour les 25 projets, dont 12 sont dirigés par une chercheuse. Les résultats des travaux permettront d'élaborer et de mettre en œuvre des recommandations et des mesures concrètes pour la société.

Photo: Christian Beutler/Keystone



Les institutions de formation imprègnent notre vie de la maternelle à l'université des aînés, en passant par la formation professionnelle. Elles contribuent à donner aux individus leur chance dans la vie, à la prospérité et à la cohésion de la population en Suisse. Le credo est le suivant: chacun et chacune a les mêmes chances d'accéder aux biens sociaux et de réussir dans sa formation. Mais est-ce vraiment le cas? Critique, la sociologie se demande aussi dans quelles conditions la formation débouche sur des inégalités, la stigmatisation et l'exclusion et met donc en péril la cohésion sociale. Une nouvelle publication à laquelle a participé l'Académie suisse des sciences humaines et sociales (ASSH) se penche sur cette contradiction: [www.sagw.ch/integration-und-ausschluss-im-bildungswesen](http://www.sagw.ch/integration-und-ausschluss-im-bildungswesen)

## La mort en récits



Photo: Cornelia Vinzens/FNS

«Une belle mort. Telle est l'attente qui prédomine à l'échelle de la société. Comme si la mort devait être une réussite.» Anna Elsner, professeure de littérature et culture françaises à l'Université de Saint-Gall, étudie le regard que porte la littérature sur la mort. Elle s'est penchée sur son évolution dans la société, ainsi que sur les soins palliatifs, à l'aide de récits français publiés depuis les années 1970. Pour son travail remarquable, elle a reçu le prix Marie Heim-Vögtlin 2022 du FNS.

## On cherche mentores et mentors

Quelles sont les règles du jeu dans le monde académique? Comment la relève scientifique peut-elle mieux se profiler? A quoi faut-il veiller en planifiant sa carrière? Telles sont les questions que se pose la Jeune Académie Suisse. Elle cherche donc des scientifiques et des spécialistes de toutes les disciplines pour soutenir de jeunes scientifiques avec des conseils, du feedback et leur réseau – et pour qui les échanges avec la relève peuvent être une inspiration. Les personnes intéressées travaillant dans la recherche ou en entreprise peuvent s'adresser à Karin Spycher, responsable de la Jeune Académie Suisse: [swissyoungacademy.ch](http://swissyoungacademy.ch)

## Egalité des chances de formation?

## Mise au concours avec l'Ukraine

Le FNS et la fondation qui finance la recherche en Ukraine (NRFU) viennent de lancer une mise au concours conjointe. Les scientifiques des deux pays peuvent soumettre des projets communs avec des thèmes librement choisis. Pour participer à cette mise au concours, les chercheuses et chercheurs ukrainiens doivent mener leur recherche en Ukraine. En outre, le FNS a décidé de prolonger les mesures spéciales dédiées aux scientifiques ukrainiens réfugiés en Suisse. Chaque chercheuse ou chercheur bénéficiaire recevait 100 000 francs environ afin de continuer ses travaux dans une haute école suisse, jusqu'au printemps 2023. Le FNS prolonge maintenant pour une année supplémentaire le financement à concurrence de 60 000 francs par personne.

## Le bien-être sous la loupe



Photo: Christian Beutler/Keystone

## Pousser des portes sur le plan mondial

Le FNS étend aussi en 2023 son offre pour encourager les collaborations internationales. Il participe ainsi à trois mises au concours multilatérales du Belmont Forum qui soutient la recherche interdisciplinaire sur le changement climatique. En outre, le FNS facilite les demandes de financement pour des projets avec des collègues aux Etats-Unis et en Israël. «Nos offres internationales de soutien ouvrent de nombreuses portes, se réjouit Matthias Egger, président du Conseil national de la recherche. Elles permettent aux scientifiques de trouver des partenaires à l'étranger, d'avoir des échanges et de réaliser des projets communs. Ce réseautage est un facteur important pour le succès de la science suisse.» Informations sur l'encouragement de la collaboration internationale: [www.snf.ch](http://www.snf.ch) (Recherche > Impulsion > Internationalité)

Désormais, le FNS encourage des projets dans le domaine de la santé et du bien-être, durant une période limitée. Ce soutien s'adresse aux chercheuses et chercheurs des hautes écoles spécialisées et pédagogiques. En introduisant cette mesure d'encouragement, le FNS souhaite renforcer la recherche dans ces institutions et diversifier le paysage de la recherche suisse. Lancée en début d'année, la première mise au concours dispose d'une enveloppe de 15 millions de francs et les scientifiques peuvent choisir librement leur sujet d'étude. Une deuxième mise au concours est prévue pour 2024.

## Evolution de l'évaluation

Il faut évaluer la recherche dans sa globalité, en tenant compte de ses impacts. C'est l'objectif d'une initiative européenne pour faire évoluer l'évaluation de la recherche. Le FNS et swiss-universities la soutiennent. En effet, cette initiative comporte des principes chers aux deux institutions: l'évaluation de la recherche doit se baser sur le critère de qualité et la liberté de la recherche est indispensable. Les organisations signataires peuvent participer à la coalition.

Horizons 135, dossier  
«La science au Palais fédéral»

**Les scientifiques doivent aussi être entendus**

Exceptionnellement, je réagis au thème de votre dernier numéro – en applaudissant. Parce qu’il se distancie, bien que très poliment, du ton habituel de celui qui sait qu’on entend régulièrement dans les médias et ailleurs pour affirmer que la science devrait enfin sortir de sa tour d’ivoire. Comme si c’était si simple. Je connais une seule étude consacrée à l’utilisation politique des compétences professionnelles fondées sur la science en Suisse. Dans le cadre du Programme national de recherche «Egalité entre hommes et femmes», un projet a examiné 60 procédures législatives cantonales qui avaient un lien évident avec le genre. Les scientifiques ont analysé dans quelle mesure les parlementaires ont effectivement utilisé les connaissances scientifiques acquises sur cette question. Ils ne l’avaient effectivement pas fait dans huit cas, soit 13% de ces procédures: autrement dit, ils n’en ont pas tenu compte dans 87% des cas.

La communication scientifique est fondamentalement complexe et peut impacter des intérêts établis. C’est pourquoi elle ne rencontre pas automatiquement un accueil favorable. Il ne suffit donc pas que les scientifiques s’expri-

ment. Encore faut-il qu’on les entende. Cela ne nécessite pas seulement des compétences particulières de part et d’autre, mais aussi dans l’entre-deux. Celles-ci ne sont pas un don naturel, il faut les acquérir. Une analyse plus fine des facteurs qui favorisent et entravent cette communication est donc nécessaire depuis longtemps, de même que les changements institutionnels qui y répondent.

René Levy, Lausanne, sociologue et ancien membre du Conseil national de la recherche du FNS

Horizons 135, dossier  
«Cinéma, faits et fiction»

**Une interview forte**

Je tiens à vous faire un grand compliment, la lecture d’Horizons est vraiment enrichissante. L’interview «Produire des images iconiques, c’est la grande force du cinéma» parue dans l’édition 135 est parmi ce que j’ai lu de mieux. L’auteure pose des questions passionnantes et l’historien répond agilement, à travers tous les genres cinématographiques et les contextes historiques. Un beau morceau de journalisme scientifique. Ou, pour rester dans le thème: du grand cinéma! Je me suis procuré tous les films mentionnés et sais ce que je ferai pendant les Fêtes. Grand merci à Judith Hochstrasser et Martin Büring! Anouk Beghari, Bâle, avocate

Horizons 135, p. 48,  
«Une lingua franca pour l’évaluation scientifique»

**Contre le côté irrationnel de l’usage de l’anglais**

La recommandation de Laura Bernardi de promouvoir le multilinguisme pour l’utilisation des résultats de recherches devrait devenir une obligation dans les directives du FNS. Dans des domaines de recherche tels que la formation ou le travail social, il faudrait ainsi obliger à publier le rapport principal dans au moins une langue nationale. Deux exemples le justifiant: des études centrales telles qu’une méta-analyse sur les facteurs influençant les résultats des études supérieures ne sont publiées qu’en anglais, bien qu’elles aient été rédi-

gées par des germanophones. Et des chercheurs germanophones citent exclusivement les versions originales, même dans des publications destinées au domaine pratique, bien que des erreurs parfois graves soient déclarées et corrigées dans les traductions.

Wolfgang Beywl, Windisch, professeur en sciences de l’éducation, FHNW

**Faites-nous part de votre avis!**

Vous souhaitez réagir à un article? Nous nous réjouissons de votre commentaire par courriel à [redaction@revue-horizons.ch](mailto:redaction@revue-horizons.ch) ou sur Twitter [@horizons\\_fr](https://twitter.com/horizons_fr). Courrier des lecteurs à envoyer jusqu’au 30 mars 2023 au plus tard.

**La science donne des arguments  
Recommandez Horizons!**

**Horizons rend compte du paysage de la recherche suisse quatre fois par an. Abonnez-vous gratuitement ou offrez un abonnement à vos amis et à vos amies.**

Vous avez changé d’adresse ou avez une question concernant votre abonnement? Adressez-vous à notre service d’abonnement: [abo@revue-horizons.ch](mailto:abo@revue-horizons.ch)



**Vous pouvez vous abonner à l’édition papier ici:**  
[revue-horizons.ch/abo](http://revue-horizons.ch/abo)



**Horizons**  
Le magazine suisse de la recherche paraît quatre fois par an en français et en allemand. La version en ligne paraît également en anglais.  
36e année, no 136, Mars 2023.

[revue-horizons.ch](http://revue-horizons.ch)  
[redaction@revue-horizons.ch](mailto:redaction@revue-horizons.ch)

L’abonnement est gratuit: [www.revue-horizons.ch/abonner](http://www.revue-horizons.ch/abonner)

En cas de question ou souhait de modification d’abonnement: [abo@revue-horizons.ch](mailto:abo@revue-horizons.ch)

**Rédaction**  
Florian Fisch (ff), codirection  
Judith Hochstrasser (jho), codirection  
Astrid Tomczak-Plewka (ato)  
Elise Frioud (ef)  
Yvonne Vahlensieck (yv)  
Ellen Weigand (ew, édition française)

**Graphisme, rédaction photo**  
Bodara GmbH, Büro für Gebrauchsgrafik  
13 Photo AG

**Traduction**  
Olivier Huether  
Magali Zublin

**Correction**  
Samira Payot

**Rédaction en chef**  
Christophe Giovannini (cgi)

**Éditeurs**  
Fonds national suisse (FNS)  
Wildhainweg 3  
Case postale CH-3001 Berne  
Tél. 031 308 22 22  
[com@snf.ch](mailto:com@snf.ch)

Les Académies suisses des sciences  
Maison des Académies  
Laupenstrasse 7  
Case postale CH-3001 Berne  
Tél. 031 306 92 20  
[info@academies-suisse.ch](mailto:info@academies-suisse.ch)

**Le Fonds national suisse de la recherche scientifique** encourage sur mandat de la Confédération la recherche dans toutes les disciplines scientifiques. Il investit chaque année environ 1 milliard de francs. Début 2022, plus de 5500 projets étaient en cours, avec la participation de près de 20 000 scientifiques. Le FNS constitue ainsi la principale institution de promotion de la recherche du pays.

**Les Académies suisses des sciences** s’engagent sur mandat de la Confédération en faveur

d’un dialogue équitable entre la science et la société. Elles représentent la science de manière interinstitutionnelle et interdisciplinaire. Elles ont accès à l’expertise de quelque 100 000 scientifiques.

**Impression, lithographie et gestion des adresses**  
Stämpfli SA, Berne et Zurich

Impression climatique-ment neutre, [myclimate.org](http://myclimate.org)

Papier: Lessebo Rough White, Magno Star

Typographie: Caslon Doric, Sole Serif

**Tirage**  
14 400 français  
31 600 allemand

© Tous droits réservés. Reproduction des textes autorisée sous licence Creative Commons BY-NC-ND. ISSN 1663 2710

Les articles ne reflètent pas forcément les points de vue des éditeurs.

Nous aspirons à un langage non sexiste et utilisons donc les deux formes génériques ainsi que des termes neutres tels que «scientifiques».

# La croissance de la population doit-elle cesser globalement?

**OUI** La population mondiale était d'un milliard en 1830 et de 2 milliards autour de 1930. Puis elle a augmenté rapidement, avec un taux de croissance de plus de 2% dans les années 1960, à 4 milliards en 1974, 6 en 1999 et 8 en 2022. Les projections de l'ONU tablent sur 10 milliards en 2060. Chaque jour, la Terre compte 200 000 personnes de plus alors que le seul taux de croissance durable à long terme est de 0%. La réponse semble évidente sur une planète aussi limitée. La croissance de la population doit donc s'arrêter à un moment donné, reste à savoir comment et quand. Même si la fécondité baissait immédiatement à deux naissances par femme (remplaçant exactement celle-ci et son partenaire dans la génération suivante), la population continuerait à

croître pendant au moins cinquante ans. Cela à cause de l'élan démographique: en raison du grand nombre actuel de gens jeunes, même si chaque femme n'avait que deux enfants, la population continuerait à croître. Prenons la Chine: même avec un taux de fécondité de moins de deux enfants par femme depuis les années 1990, la population y a continué de croître, de 1,1 milliard en 1990 à 1,4 milliard aujourd'hui, et on prévoit qu'elle ne fera que plafonner avant de baisser en fin de décennie.

Sur une planète finie, la croissance démographique doit cesser à un moment donné. Si ce n'est par une baisse importante de la fécondité résultant de la norme de la famille à enfant unique, ce sera par une hausse de la mortalité à mesure que les ressources non renouvelables, telles que les carburants fossiles, s'épuiseront. Et même les ressources renouvelables telles que les eaux souterraines, les forêts et les poissons sont exploitées au-delà de leur capacité de régénération. Cela ne peut de toute évidence pas continuer à l'infini. Il reste un défi, plus grand encore: dans la littérature évaluée par les pairs,

cinq groupes d'écologistes ont estimé, séparément, la taille de la population que la Terre pourrait supporter durablement. Toutes les estimations sont inférieures à 4 milliards! Pour y parvenir sans hausse majeure de la mortalité, la norme d'un enfant par famille doit être adoptée à l'échelle planétaire, et bientôt.



Photo: mād

«La norme de l'enfant unique par famille doit être adoptée à l'échelle de la planète, et bientôt.»

**Stan Becker** est professeur émérite de démographie et de santé publique à l'Université Johns-Hopkins. Il s'intéresse en particulier à la santé reproductive et à la croissance rapide de la population.

**NON** La population mondiale reste en croissance, mais seulement encore pour quelques décennies selon toutes les projections. Une étude du Lancet annonce que le pic interviendra dès la seconde moitié du siècle, peut-être même dans les années 2050.

Il n'est pas possible de calculer une «capacité d'accueil» de la Terre. Le thème du «Jour du dépassement» repose sur des calculs farfelus. Nous voyons la Terre comme un réceptacle fini, mais l'économie des ressources est une question de flux et de coûts marginaux d'exploitation. Par exemple: les Chinois, dans cinquante ans, ne vivront pas comme les Européens d'aujourd'hui. Et une société très développée protège mieux son environnement.

La décroissance démographique serait-elle utile à la lutte contre le réchauffement climatique? Les plus grands émetteurs sont les Etats à la fécondité la plus faible: la contribution des pays riches sera donc de plus en plus limitée. Est-ce là qu'il faudrait agir néanmoins? Nous avons tous lu qu'un enfant supplémentaire correspondrait à l'émission de 58 tonnes d'équivalent CO2 par an. Mais ce calcul suppose qu'un parent soit responsable de la moitié des émissions de son enfant tout au long de la vie de ce dernier, d'un quart de la génération suivante, etc. Est-on certain qu'une population moins nombreuse ne sera pas tentée de consommer autrement? Que les humains seront plus enclins à préserver la planète s'ils n'aspirent pas à la transmettre à leurs enfants? Les jeunes restent une force créatrice: les enfants qui naissent aujourd'hui sont peut-être ceux qui trouveront les solutions les plus pertinentes.

Les pays en décroissance démographique rencontrent ou vont rencontrer de grandes difficultés économiques. Souhaiter cette décroissance, c'est jouer avec le feu.

Enfin, rappelons que les politiques de réduction des naissances ne peuvent avoir un effet significatif que sur la longue durée. Une baisse massive et soudaine de la fécondité mondiale aboutirait dans le meilleur et le plus improbable des scénarios à moins de 30% des réductions nécessaires pour éviter un accroissement de 2 degrés de la température terrestre moyenne en 2050.



Photo: mād

«Les enfants qui naissent aujourd'hui sont peut-être ceux qui trouveront les solutions les plus pertinentes.»

**Bruno Tertrais** est géopolitologue et directeur adjoint de la Fondation française pour la recherche stratégique. Il est l'auteur, notamment, de l'ouvrage «Le choc démographique» (2020).

«Rien que le fait que nous traitions une maladie psychique directement dans le cerveau est déjà difficile à comprendre pour beaucoup – bien que ce soit là aussi que les psychotropes agissent.»

Daniela Hubl, médecin-chef aux Services psychiatriques universitaires de Berne à propos des préjugés sur les traitements psychiatriques allant au-delà de la médication, telle, par exemple, la stimulation cérébrale profonde.