

Redonner un sens à l'économie 10

**La justicière
du cyberspace 32**

**Les animaux,
réservoirs à virus 40**

**La justice laxiste
est un mythe 46**

*- Comics -
Un superhéros
au labo
page 25*

Résoudre les problèmes plutôt qu'y contribuer

En 1929, l'année du krach de Wall Street, les accidents d'avion ont fait 61 victimes - l'équivalent d'un mort par 1,6 million de kilomètres parcourus. Perçu comme inacceptable, chaque accident a forcé l'aviation à améliorer la sécurité: construction et tests de matériaux, redondance des systèmes vitaux et maintenance. Même les aspects psychologiques sont pris en compte dans la formation afin d'éviter qu'une hiérarchie trop rigide au sein du cockpit n'empêche le geste qui sauve. Résultat: septante ans plus tard, le taux d'accidents mortels dans l'aviation a été divisé par 10 000.

On peine à voir une telle évolution dans la finance. Les crises continuent à ravager les nations: 25% de chômage aux Etats-Unis dans les années 1930, 25% en Espagne en 2012. «Les crises reviennent tous les dix ans», rappellent les économistes un peu trop volontiers. Ce fatalisme semble déplacé alors que leurs collègues consacrent leurs recherches à calculer le prix d'un nouveau produit structuré dont la complexité est voulue par l'industrie financière. Est-ce à l'impôt de financer le développement de telles «armes financières de destruction massive», pour reprendre l'expression de Warren Buffet?

Tout comme l'aéronautique, l'économie est une science capable de s'améliorer, avec pour mission première d'être pertinente et d'apporter à la société ce dont elle a besoin. Elle doit s'efforcer de rendre le système moins fragile, décroïsonner rapidement ses différentes écoles de pensée et prendre des distances avec ses dogmes maintes fois critiqués, tels que les marchés efficients et un *Homo œconomicus* qu'on peine à rencontrer dans la réalité.

Les défis sont immenses: anticiper les impacts du changement climatique et des désinvestissements dans l'économie fossile, absorber les chocs démographiques et de la redistribution de la production mondiale; intégrer les coûts sociaux et environnementaux dans les bilans; développer des modèles de croissance alternatifs dans un monde aux ressources finies; contrôler l'évasion fiscale pratiquée par des conglomérats devenus plus puissants que les Etats.

Pour cela, la formation est la clé. C'est dans les universités que se prépare aujourd'hui l'élite de demain. A nous d'agir pour qu'elle travaille à résoudre ces problèmes - pas à y contribuer.



Daniel Saraga, rédacteur en chef

horizons





Keystone/EPA/Andy Rain

Point fort Repenser l'économie



David Bolter

Science et politique

10

Repenser les sciences économiques

Crises à répétition et impératif de croissance posent des défis majeurs. Mais les chercheurs peinent à développer de nouveaux modèles.

12 **A la recherche d'une économie durable**

Questionner le dogme de la croissance est possible, mais les différentes écoles de pensée peinent à dialoguer.

15 **Ce que les économistes ont appris de la crise**

Suffisamment, répond Thomas Bieger, recteur de l'Université de Saint-Gall. Trop peu, dénonce l'expert en finance Marc Chesney.

18 **Les dix défis**

De l'intelligence artificielle au retour du protectionnisme, une infographie présente les plus grands challenges de l'économie.

21 **Posséder toujours plus, une fatalité?**

Le désir de croissance n'est pas inscrit dans nos gènes, mais se construit comme phénomène social et politique.

24 **Les dangers du bien-être**

Le confort offert par les universités suisses peut étouffer la créativité, dit Ulf Büntgen.

25 **Un superhéros au labo**

La science a-t-elle besoin de super-chercheurs? La réponse en bédé.

29 **«Les sciences citoyennes peuvent donner une image simpliste»**

Bruno Strasser analyse sans concession le fonctionnement de la science.

30 **L'autocensure pour se protéger**

Une peur diffuse: des scientifiques travaillant en Turquie témoignent.

◀ Couverture: dans le monde idéal imaginé par l'économie, tout est sous contrôle et ne peut aller que dans une seule direction: vers le haut.

◀ Couverture intérieure: la réalité, elle, s'avère infiniment plus complexe, inégale et imprévisible. Image: 2. stock süd/Christoph Frei

32

Valérie Chételat



Environnement et technique

32 La pionnière de la cybersécurité
Solange Ghernaouti conseille gouvernements et organisations internationales sur les questions de sécurité numérique.

34 Les neurones montrent l'exemple
Des puces électroniques imitent le cerveau grâce aux memristors.

36 Du CO₂ comme matière première
Le dioxyde de carbone permet de produire méthanol et acide formique.

37 Des composants électroniques transparents
Lire les pensées avec une seule électrode
Le bâtiment qui détecte les gens

En image

6
Les pins face à la sécheresse

Débat

8
Les HES doivent-elles pouvoir attribuer des doctorats?

38

Keystone/Science Photo Library/Visual Unilimited, Inc./Joe McDonald



Biologie et médecine

38 L'autonettoyage des gènes
L'ADN poubelle des paramécies se recycle lui-même.

39 Pas à pas contre le surpoids
Le jogging est-il vraiment plus efficace pour maigrir que rester debout?

40 Les incubateurs de virus
Ebola, SRAS, MERS: les chercheurs tracent les mutations de pathogènes chez les animaux et leur transmission à l'homme.

42 Neurologie de la peur
Deux groupes de neurones déterminent si une souris fuit ou se fige face au danger.

43 Lait maternel contre bronchiolite
Emotions négatives et déclin mental
Simuler les fractures de la hanche

Lieu de recherche

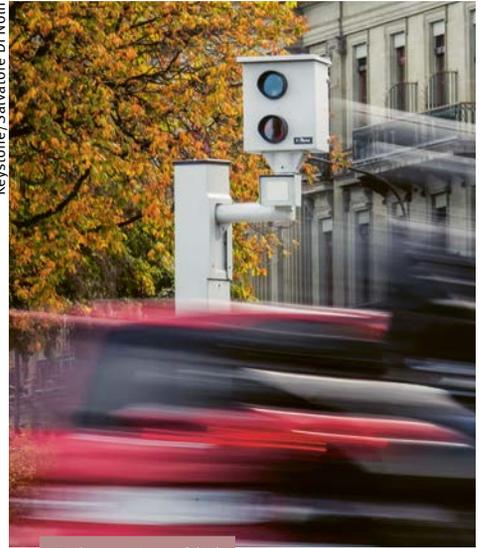
44
Un anthropologue à Burning Man

Comment ça marche?

49
De l'eau potable grâce au petit-lait

44

Keystone/Salvatore Di Nolfi



Culture et société

46 Une justice pas si laxiste
Juges et citoyens prononceraient des sentences similaires, montrent trois enquêtes successives.

48 1912 – 1920: la classe moyenne touchée
L'énergie, une cause de la fin du bloc de l'Est
Des séances de travail trop tendues

Verbatim

50
Les échanges étudiants sont cruciaux

En direct du FNS et des Académies

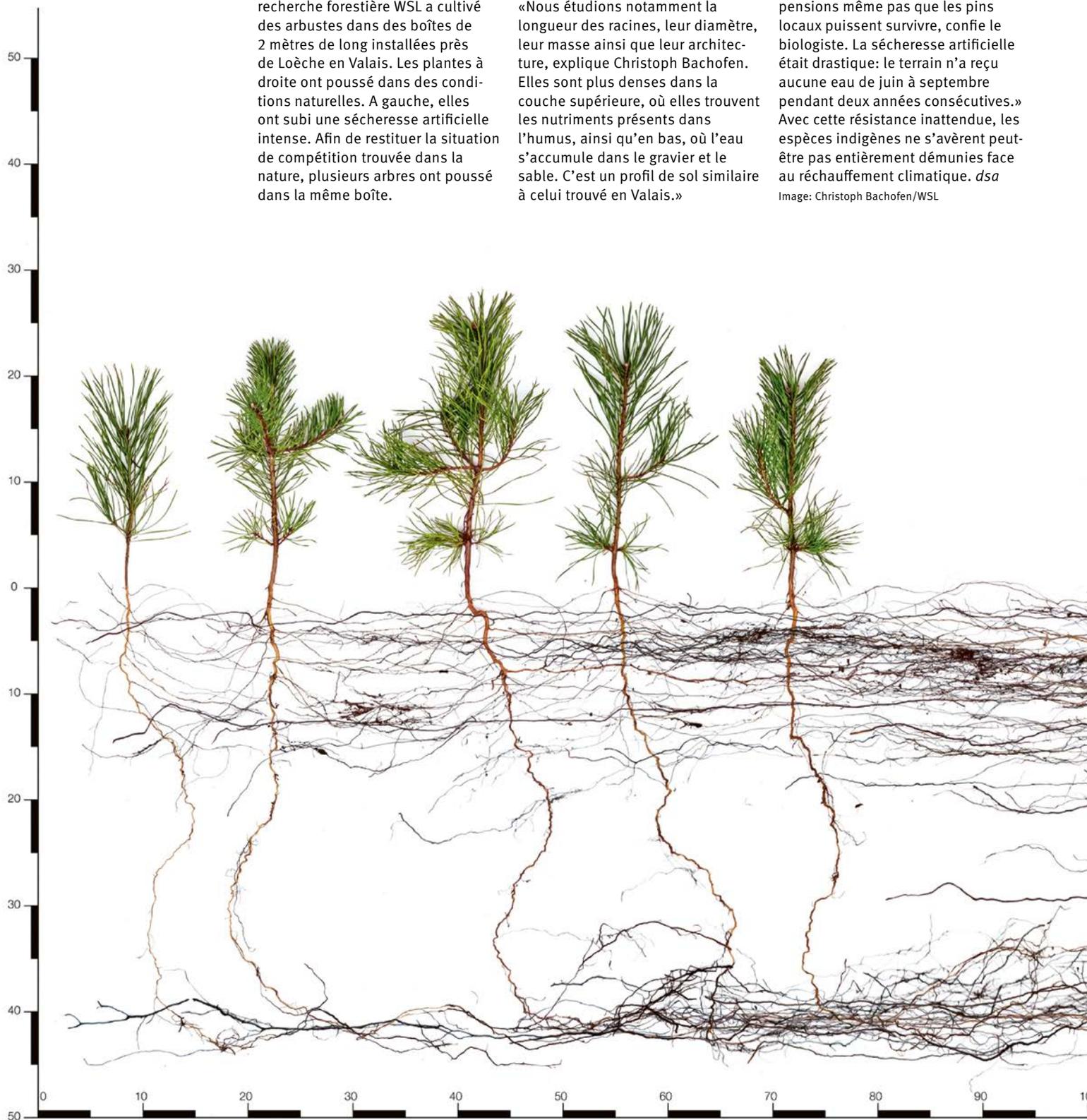
51
Un nouveau président pour l'ASST

Dentelle de racines

Dix jeunes pousses de pins sylvestres dévoilent ce qui échappe normalement à nos yeux : l'entrelacs délicat de leurs racines. Afin d'étudier la résistance à la sécheresse de différentes espèces, Christoph Bachofen de l'institut de recherche forestière WSL a cultivé des arbustes dans des boîtes de 2 mètres de long installées près de Loèche en Valais. Les plantes à droite ont poussé dans des conditions naturelles. A gauche, elles ont subi une sécheresse artificielle intense. Afin de restituer la situation de compétition trouvée dans la nature, plusieurs arbres ont poussé dans la même boîte.

Les scientifiques ont ouvert les boîtes après trois ans et délicatement extrait les plantes avec leurs racines. Ils ont ensuite photographié chaque arbuste séparément sur fond blanc avant de recomposer la photo de manière numérique. «Nous étudions notamment la longueur des racines, leur diamètre, leur masse ainsi que leur architecture, explique Christoph Bachofen. Elles sont plus denses dans la couche supérieure, où elles trouvent les nutriments présents dans l'humus, ainsi qu'en bas, où l'eau s'accumule dans le gravier et le sable. C'est un profil de sol similaire à celui trouvé en Valais.»

L'expérience ne confirme pas l'hypothèse des scientifiques qui s'attendaient à ce que les pins sylvestres originaires d'Espagne, de Grèce et de Bulgarie (2e, 3e et 5e depuis la gauche) supportent mieux le manque d'eau. «Nous ne pensions même pas que les pins locaux puissent survivre, confie le biologiste. La sécheresse artificielle était drastique: le terrain n'a reçu aucune eau de juin à septembre pendant deux années consécutives.» Avec cette résistance inattendue, les espèces indigènes ne s'avèrent peut-être pas entièrement démunies face au réchauffement climatique. *dsa*
Image: Christoph Bachofen/WSL







Valérie Chételat (photomontage)

«La situation actuelle est hypocrite et ne permet pas d'accompagner au mieux les doctorants.»

Les HES doivent-elles pouvoir délivrer des doctorats?

Les professeurs d'une haute école spécialisée ne peuvent proposer des doctorats qu'en partenariat avec un collègue d'une université ou école polytechnique. L'autonomie des HES pour l'attribution de PhD est-elle souhaitable?



«Une dévalorisation de la formation duale ne doit pas être autorisée.»

Les hautes écoles spécialisées (HES) offrent aujourd'hui des infrastructures appropriées pour mener des projets de recherche. Il est temps de leur donner la possibilité d'accompagner des doctorats de manière autonome, une condition essentielle pour des projets de longue durée. La recherche effectuée dans les HES est suffisamment mature pour des troisièmes cycles.

Dans mon domaine - le développement de techniques physico-chimiques pour la conservation des œuvres d'art -, il existe depuis peu la possibilité pour les musées et les archives de soumettre et de diriger un projet de recherche, pour autant qu'ils soient rattachés à une HES. Les nouvelles modalités de soutien du Fonds national suisse le montrent: la nouvelle catégorie de recherche fondamentale orientée vers l'application a fait un pas vers les hautes écoles spécialisées qui souhaitent - et qui peuvent - s'investir dans la recherche. Le financement des projets autrefois séparés entre universités et hautes écoles est maintenant commun, ce qui illustre bien que les HES sont désormais compétitives. Le nombre de financements qu'elles ont levés a d'ailleurs systématiquement augmenté ces dernières années.

Avec la création des hautes écoles spécialisées en 1995, la Suisse a comblé une lacune dans son système éducatif. Par la suite, la garantie de perméabilité entre les différentes filières de formation a débouché sur une optimisation supplémentaire. Ces deux mesures indépendantes permettent de former du personnel qualifié et d'éviter les impasses dans les parcours éducatifs. Lorsqu'une économie nationale veut maximiser le potentiel de sa population, les hautes écoles spécialisées (HES) et la perméabilité sont indispensables.

Ces derniers temps, des voix toujours plus nombreuses réclament pour les HES le droit de décerner des doctorats de manière indépendante. En tant qu'ancien directeur cantonal de l'instruction publique, je m'oppose à cette revendication.

Au contraire des universités, les HES doivent être à disposition des personnes qui après l'école obligatoire ont suivi une formation professionnelle, qui est orientée vers les applications. Lors de la préparation des futurs étudiants, l'accent est mis sur la pratique et pas seulement sur la culture générale, comme dans les universités. L'objectif du législateur était - et reste - que les hautes écoles spécialisées

La situation actuelle est hypocrite: l'implication de superviseurs «fantômes» - des professeurs universitaires présents sur le papier pour des raisons réglementaires, afin que les doctorants soient administrativement rattachés à une université - n'est pas une solution viable à long terme. Elle ne permet pas d'accompagner au mieux les doctorants: le suivi par le professeur n'est pas toujours effectué de façon régulière. Ce montage engendre des difficultés inutiles, notamment dans le cas de projets fortement interdisciplinaires qui exigent des compétences rarement trouvées dans les universités.

Oui

dit Claire Gervais, de la Haute école spécialisée bernoise.

Dans mon laboratoire, le suivi correct de mes deux doctorants doit être fait par des experts spécialistes à la fois de la conservation et de la restauration, de la chimie des

matériaux ainsi que de la physique du solide. Un tel triptyque ne se trouve que dans des institutions ayant développé de fortes compétences dans ces domaines, comme certaines hautes écoles spécialisées. Faute d'université suisse offrant ce genre d'expertise, la plupart des étudiants intéressés finissent par faire une thèse en France ou en Allemagne.

Pour ne pas gâcher ce potentiel de relève scientifique, il faut désormais élargir l'accès au troisième cycle aux hautes écoles spécialisées. La présence obligatoire d'un professeur universitaire dans le jury de thèse assurerait que la qualité est bien au rendez-vous. Je ne doute pas une seconde qu'elle le sera.

Claire Gervais est professeure boursière du FNS à la Haute école des arts de Berne. Elle y dirige le laboratoire «Nouvelles techniques pour anciens matériaux» qui compte notamment deux doctorants.

servent à approfondir les applications du savoir et des connaissances d'un métier.

Distinguer entre les différents établissements d'éducation supérieure est voulu: les universités pratiquent la recherche fondamentale, les HES la recherche appliquée. Les objectifs d'enseignement de ces dernières reposent sur cette différence. Le slogan du temps de leur création - «Equivalent mais différent» - reste valable aujourd'hui.

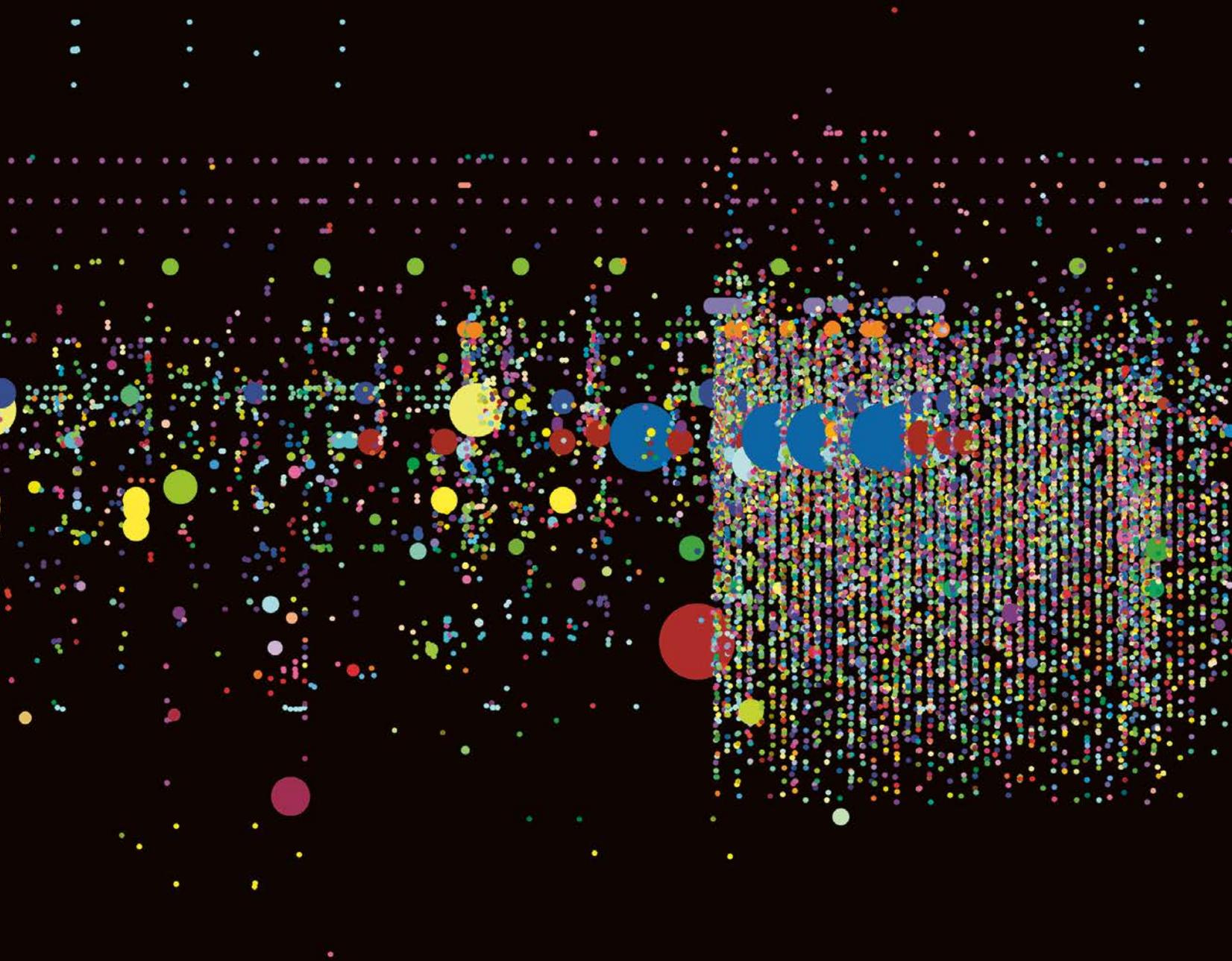
Non

dit Christoph Eymann, conseiller national.

La formation continue des professionnels est d'une importance primordiale pour les nombreuses petites et moyennes entreprises de Suisse. Grâce à l'existence de HES axées sur la pratique, la qualité et la compétitivité des PME ont pu être maintenues, et même améliorées. Octroyer aux HES le droit au doctorat n'augmenterait pas leur qualité.

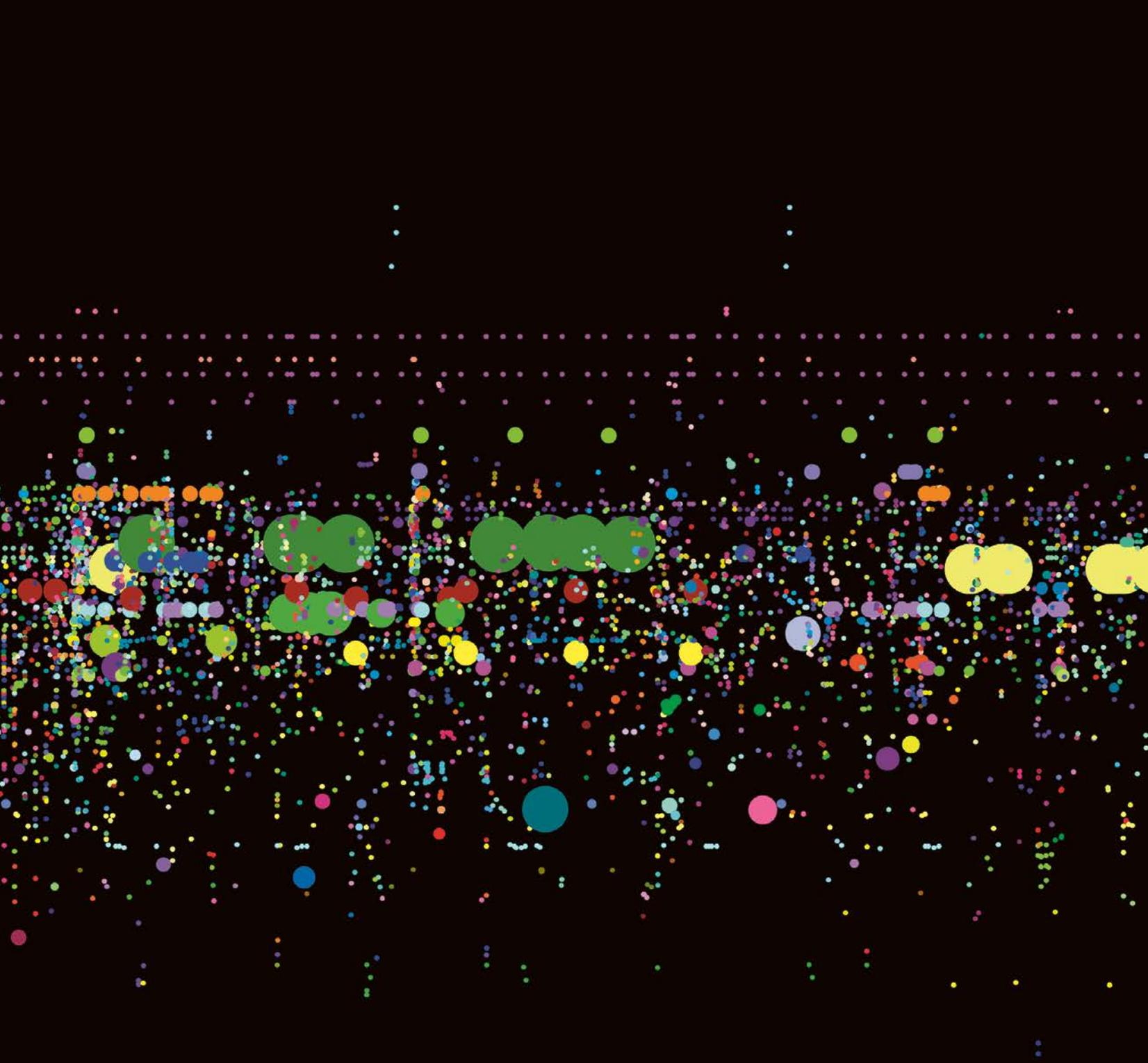
La population ne se montre d'ailleurs pas favorable à l'«académisation». Dès lors, une dévalorisation de la formation duale ne doit pas être autorisée ne doit pas être autorisée. A l'heure où les cantons responsables des financements peinent parfois à allouer les fonds nécessaires pour la recherche dans les HES, il est peu probable qu'ils approuvent l'introduction d'un doctorat.

Christoph Eymann est conseiller national PLR et membre de la Commission de la science, de l'éducation et de la culture. Il siège au conseil de l'Université de Bâle et a présidé la Conférence des directeurs cantonaux de l'instruction publique de 2013 à 2016.



Une minute de trading au Nasdaq à 15 h 35 le 8 mars 2011. La taille des disques indique le nombre d'actions échangées, l'axe vertical leur cours. Les algorithmes du trading à haute fréquence travaillent à l'échelle de la microseconde et furent à l'origine du Flash Crash de mai 2010.

Image: Graphic by Stamen



Le rêve d'un monde sans crises

Après la pluie, le beau temps; après les bulles, les krachs. De nouveaux modèles économiques sont nécessaires pour sortir de ce cercle vicieux, mais ils se font toujours attendre, dix ans après la grande crise de 2007 - 2008. Notre dossier en explique les raisons.

Le casse-tête d'une croissance durable

Le concept d'économie durable est à la mode, mais représente un vrai défi pour les scientifiques. Ils peinent à surmonter les divisions entre les différentes écoles de pensée.

Par Marcel Hänggi

La plupart des scientifiques et des politiciens sont sans doute d'accord avec l'idée que l'économie doit permettre aux hommes de bien vivre. Si on y inclut les générations futures, le concept d'économie durable devrait être une évidence. D'ailleurs, le sens premier du mot «économie» se rapporte à l'art de bien administrer une maison.

Mais la consommation croissante des ressources, le changement climatique et la disparition des espèces constituent autant de signes du manque de durabilité de l'économie telle que nous la connaissons. Pourquoi cette situation et comment la changer? Cette simple question soulève une multitude d'interrogations. Pour quelles raisons les acteurs économiques - depuis le ménage individuel jusqu'aux multinationales - agissent-ils comme ils le font? La société devrait-elle créer des incitations différentes, et serait-elle en mesure de le réaliser? Quelles régulations sont politiquement acceptables? Comment soutenir et financer des technologies respectueuses de l'environnement? L'économie parvient-elle à la fois à accroître la prospérité et à utiliser moins de ressources? Et est-il envisageable qu'elle apporte de la stabilité sans croissance? De quelle manière doit-on comprendre les notions de prospérité et de vie agréable? Ces questions préoccupent les économistes, mais aussi les spécialistes des sciences sociales, techniques et humaines.

Ces thèmes peinent à trouver leur place dans un fonctionnement académique structuré par discipline, souligne Gunter Stephan, professeur d'économie à l'Université de Berne et président du comité de direction du Programme national de recherche «Economie durable» (PNR 73). De son point de vue, la recherche devrait avant tout examiner comment les incitations pour toutes les activités économiques (production, consommation et distribution) peuvent être modifiées. Et de quelle façon former les professionnels dont une économie durable aura besoin.

Son collègue Lucas Bretschger de l'ETH Zurich, qui préside la European Association of Environmental and Resource Economists, identifie un autre point qui nécessite davantage de recherches: le lien entre économie et écologie à long terme, en tenant compte de la dynamique propre des deux domaines ainsi que de la problématique globale Nord-Sud.

Au-delà du climat

Bien entendu, chaque discipline développe son propre agenda de recherche. Joëlle Noailly étudie le rôle de l'innovation au Centre pour les études internationales en environnement au Graduate Institute à Genève. Selon elle, les nouvelles technologies «propres» ne se limitent pas à réduire la pression sur l'environnement, mais peuvent également créer des places de travail et faire éclore des connaissances qui profitent aux autres branches. Elles trouvent des applications dans de nombreux domaines, par exemple celui des semi-conducteurs et de l'informatique.

«Il est difficile pour des économistes de collaborer avec des personnes qui rejettent les instruments de base de l'économie.»

Lucas Bretschger

«Mais leur développement est trop lent», regrette la chercheuse. Les grandes entreprises énergétiques se montrent peu innovantes. La raison? Polluer ne coûte rien. Un aspect que le marché seul ne saurait changer, et qui demande une intervention du monde politique. Le manque de force d'innovation de certaines branches ne découle pas simplement des conditions cadres réglementaires: les mentalités jouent aussi un rôle. «Les effets des régulations doivent être mieux étudiés. De nombreuses re-

cherches portent sur le sujet, mais il faut maintenant procéder à un réglage fin entre les différents instruments. En théorie, les taxes d'incitation constituent l'outil le plus efficace. En pratique d'autres mesures comme subventionner les technologies «propres» et interdire les «sales» fonctionnent cependant souvent mieux.»

Helga Weisz, professeure à l'Institut de recherche sur les effets du changement climatique de Potsdam, souligne que les flux de ressources industrielles font l'objet d'une grande attention. «Mais les recherches se concentrent souvent sur l'énergie et les gaz à effet de serre. Les autres ressources et les déchets ne sont que rarement pris en compte. Et rares sont les connaissances sur les conditions cadres sociétales et culturelles qui déterminent ces flux.»

L'écologie industrielle se focalise traditionnellement sur deux approches: l'efficacité des ressources et l'économie circulaire. La première peut facilement être intégrée dans les modèles économiques, indique Helga Weisz. Elle plaît aux acteurs du monde politique, car elle promet de produire plus en utilisant moins. Toutefois, le danger est que les gains d'efficacité contribuent au final uniquement à maintenir plus longtemps un mauvais cap. Pour la chercheuse, l'économie circulaire, qui part de l'idée que chaque déchet représente une matière première pour quelque chose d'autre, représente une vision convaincante. Mais la manière dont elle peut s'insérer dans les modèles économiques reste une importante question encore en suspens. «Il existe d'innombrables exemples positifs de production circulaire, indique Helga Weisz. Cependant, comment parvenir à les porter à grande échelle? Une analyse systémique manque encore dans ce domaine.»

L'humain comme automate

Helga Weisz et Joëlle Noailly évoquent les cultures et les mentalités, des questions typiques en sciences humaines. Néan-

«Le paradigme néoclassique, qui cherche une maximisation de la prospérité, reste intact.»

Helga Weisz

moins, ces dernières ne sont encore que trop rarement associées aux recherches économiques, regrette Christian Arnspurger, économiste et professeur en durabilité à l'Institut des géosciences et de l'environnement de l'Université de Lausanne. «L'économie s'inspire traditionnellement des sciences naturelles et assimile les théories économiques à des lois quasi naturelles. Afin de pouvoir modéliser les processus économiques, les acteurs sont en grande partie considérés comme des automates: on s'intéresse à ce que fait l'être humain, et non à ce qu'il pense ou ressent.» Des concepts issus des sciences humaines, tels que la peur ou l'aliénation, sont totalement étrangers au courant économique dominant. Ils s'avèrent pourtant importants si l'on veut comprendre ce qui motive vraiment les gens et ce qui les retient à court terme d'adopter une autre conduite.

Cette réticence envers les sciences humaines pourrait-elle expliquer le manque de durabilité des systèmes en place? Christian Arnspurger hésite, avant de répondre avec prudence: «Oui. A travers ce qu'elles excluent, les sciences économiques contribuent passivement au fait que l'économie est ce qu'elle est aujourd'hui.»

Un dialogue de sourds

Un facteur supplémentaire complique la recherche sur ces sujets, poursuit Christian Arnspurger: des cultures scientifiques variées influencent les différentes disciplines qui, elles-mêmes, connaissent des divergences importantes, surtout en économie. Les orientations et les méthodes des chercheurs dépendent de leur vision du monde et peuvent les mener des mêmes questions à des conclusions opposées. Le fait de préférer une subvention ou une taxe incitative, par exemple, tient en bonne partie à cette situation.

Dans les grandes lignes, les scientifiques issus du courant néoclassique dominant cherchent des moyens pour découpler la performance économique et l'environnement. Les écoles hétérodoxes, comme l'éco-

nomie écologique, s'intéressent plutôt aux alternatives à la croissance à tout prix. Les deux points de vue ne peuvent que difficilement se rencontrer.

«Les représentants des deux courants mènent un dialogue de sourds», confirme Gunter Stephan. Mais d'autres ne sont pas d'accord, comme Lucas Bretschger, de l'ETH Zurich. «L'économie de l'environnement a intégré de nombreuses préoccupations de l'économie écologique. Nous n'avons jamais défendu l'idée que le bien-être ne dépend que du taux de croissance du PIB. Une telle approche ne figure plus que dans des manuels dépassés.» Il dit cependant que de nombreux spécialistes ont justement lu ces derniers et plébiscitent la croissance également pour d'autres raisons. Il estime qu'il faut prendre ces voix au sérieux, car l'enjeu dans une démocratie consiste sans cesse à trouver des solutions capables de rallier une majorité. «Nous sommes toujours ouverts à la critique, mais naturellement, il est difficile pour des économistes de collaborer avec des personnes qui rejettent les instruments de base de l'économie», poursuit le chercheur.

«Les sciences économiques contribuent passivement à faire de l'économie ce qu'elle est aujourd'hui.»

Christian Arnspurger

C'est justement à ces instruments de base que s'attaquent les autres écoles des sciences économiques. Helga Weisz, ancienne membre du comité de la European Society for Ecological Economics, contredit fermement l'évaluation de Lucas Bretschger. Elle admet que l'approche néoclassique a intégré dans ses modèles certaines conclusions de l'économie écologique que l'on ne pouvait plus ignorer. Mais cela a toujours été réalisé à l'intérieur de l'esprit

néoclassique. «Le paradigme en lui-même, qui consiste à tendre vers une maximisation de la prospérité, reste intact.»

Croissance à tout prix ou pas? La question s'avère décisive en matière d'économie durable. Mais quelle que soit la réponse, mener des recherches reste crucial. «Certains veulent découpler l'utilisation des ressources des performances économiques, mais ne parviennent pas à dire comment cela doit fonctionner, note Helga Weisz. D'autres critiquent la croissance économique, mais sans pouvoir expliquer de quelle manière une baisse de la performance économique est susceptible d'éviter une aggravation de la fracture sociale. Des deux côtés, les questions centrales demeurent ouvertes.»

Marcel Hänggi est un journaliste indépendant basé à Zurich.



Symbole pour l'économie du partage: les Creative Commons encadrent la manière de partager ses créations en définissant les autorisations d'usage. Une utilisation participative et rationnelle des biens communs est possible et largement pratiquée à travers le monde, comme le montrent les travaux du prix Nobel Elinor Ostrom. L'humain n'est pas que cupide, mais aussi raisonnable.

Image: creativecommons.org

Une science des crises à inventer

Dix ans après l'éclatement de la bulle immobilière, les disciplines économiques peinent encore à se réformer, affirme Marc Chesney. L'enseignement intègre désormais les aspects psychologiques et sociologiques, répond Thomas Bieger. *Double interview menée par Philipp Hufschmid*

Une crise peut ravager des pays entiers. La gestion de l'économie et de la finance se fait-elle sur des bases scientifiques? Pour Marc Chesney, professeur de finance à l'Université de Zurich, les sciences économiques n'ont toujours pas intégré les aspects éthiques et la question des ressources naturelles. Faux, rétorque le recteur de l'Université de Saint Gall, Thomas Bieger: «Je suis convaincu que nous avons tiré les leçons nécessaires.»

En 2008, la reine d'Angleterre demande «Pourquoi personne n'a-t-il vu venir la crise?» lors d'une visite à la London School of Economics. Les sciences économiques auraient-elles dû la prévoir?

Marc Chesney: C'est comme rouler en voiture toujours plus vite malgré un brouillard toujours plus dense. Cela finira certainement par un accident, mais nous ne savons pas à quel moment précis. Nous, les économistes, aurions cependant dû avertir des risques systémiques avant que la crise financière se produise. A quelques exceptions près, nous ne l'avons pas fait.

Thomas Bieger: Des crises économiques ou financières plus ou moins régulières ponctuent le développement économique. Un exemple célèbre est la crise de la tulipe aux Pays-Bas dans les années 1630. Le mécanisme est toujours le même: on investit dans quelque chose - des fleurs ou l'immobilier comme aux Etats-Unis jusqu'en 2007. Plus les prix montent, plus les gens se lancent dans des investissements spéculatifs avec de l'argent emprunté dans l'espoir de réaliser des profits élevés. Jusqu'à ce que la bulle explose. Chacun espère évidemment qu'il pourra vendre à temps. C'est un phénomène tellement humain: on veut s'enrichir le plus vite possible et avec un minimum d'efforts.

La crise financière de 2007 ne sera donc certainement pas la dernière. Mais elle a pris cette dimension parce que les nou-

veaux produits financiers dérivés ont facilité l'accumulation peu visible de risques importants qui n'entraient pas dans les bilans.

Marc Chesney: Les crises financières n'obéissent pas à des lois de la nature. Si l'on doit toujours compter avec un tremblement de terre dans une région sismique, il est au contraire possible, dans le monde financier, de prendre des mesures préventives. La crise financière a notamment été la conséquence d'un trop grand endettement et d'une finance casino devenue incontrôlable après l'abrogation de la loi Glass-Steagall par le président Clinton en 1999. Cette loi imposait la séparation des activités commerciales et d'investissement des banques. Elle avait permis de réduire le nombre des crises bancaires entre 1933 et 1999. Les politiciens et les économistes disposent donc bien d'une certaine marge de manœuvre pour prévenir ces crises.

Thomas Bieger: Il y a eu moins de crises bancaires, c'est vrai. On a en revanche connu des crises pétrolières et immobilières parce qu'on a «parié» sur d'autres objets. A mes yeux, les économistes ont pour tâche de fournir des instruments pour la reconnaissance précoce des crises et leur gestion. De plus, nous devrions élaborer un savoir pratique qui permette aux politiciens, aux managers et à la population de comprendre et d'évaluer les faits. Il y a bien eu des économistes qui ont mis en garde contre une crise financière, mais sans avoir vraiment été entendus par le public.

Les sciences économiques appartiennent après tout aux sciences sociales, dont la thèse dominante est le constructivisme: le comportement humain n'est pas déterminé par la réalité objective mais par sa perception. Les avis divergents ne seront pas pris en considération si l'impression dominante est que les lois générales de l'économie peuvent être ignorées - comme

la croyance, largement partagée, que les prix de l'immobilier peuvent continuer de monter indéfiniment dans une situation d'endettement croissant.

Quelles leçons les sciences économiques doivent-elles tirer de la crise financière?

Marc Chesney: Il faut saisir qu'elle n'était pas purement technique, mais aussi une crise des valeurs. Je montre systématiquement à mes étudiants des courriels de traders ayant fait des opérations douteuses, comme Jérôme Kerviel à la Société Générale, et qui ont parfois fini en prison. Ils se comparent à Frankenstein ou à une prostituée, ou se disent drogués à l'argent. Notre responsabilité d'économiste est de traiter dans notre enseignement non seulement de prix, mais également de valeurs.

La formation en économie néglige-t-elle la question des valeurs?

Thomas Bieger: En réaction directe à la crise économique, l'Université de Saint-Gall et d'autres universités spécialisées en économie de par le monde se sont demandé comment améliorer l'enseignement et la recherche, par exemple dans le cadre de la Global Alliance in Management Education (un réseau d'universités, entreprises et ONG, ndlr). Des mesures sont nécessaires à trois niveaux.

Sur le plan technique, il convient de chercher les causes de la défaillance systémique et élaborer des régulations adéquates pour les instruments financiers, ce qui exige une meilleure compréhension des interactions entre les différents marchés financiers. La HSG a créé dans ce but une School of Finance en 2011. Le deuxième niveau concerne l'interdisciplinarité: il nous faut comprendre les chaînes de cause à effet qui vont des comportements humains jusqu'aux marchés. Cela nécessite une approche intégrative qui dépasse les frontières de l'économie. Nous la favorisons à Saint-Gall avec une formation dite



Un expert critique

«Il n'y a pas vraiment d'incitations à tirer les leçons de la crise», dit Marc Chesney. Agé de 58 ans, le spécialiste en produits financiers et directeur de l'Institut de banque et finance de l'Université de Zurich est l'une des voix critiques qui dénoncent les dérives des marchés.



A la tête de l'enseignement en économie

«Il faut inclure le facteur humain», dit Thomas Bieger, recteur depuis 2011 de l'Université de Saint-Gall, spécialisée en économie et management. A 56 ans, il est professeur en gestion d'entreprise et président du conseil d'administration des Chemins de fer de la Jungfrau.

«Les crises financières n'obéissent pas à des lois de la nature.»

Marc Chesney

«Nous devons comprendre les chaînes de cause à effet qui vont des comportements humains jusqu'aux marchés.»

Thomas Bieger

contextuelle: un quart de l'enseignement est consacré à des branches des sciences humaines et sociales telles que la sociologie et l'histoire.

Le troisième niveau traite donc des valeurs?

Thomas Bieger: Nous accordons effectivement une attention particulière au comportement individuel et aux questions liées à la responsabilité. Presque chaque programme d'études intègre des éléments qui confrontent les étudiants avec les questions de la durabilité et de la responsabilité. L'objectif est qu'ils se connaissent mieux eux-mêmes à travers des situations de dilemme et qu'ils réfléchissent à leur propre comportement.

Comment y parvenez-vous?

Thomas Bieger: Une salle de trading permet par exemple de simuler des cas de figure sur le marché. Nous discutons toujours davantage avec les étudiants les études de cas et examinons pourquoi ils ont pris telle décision dans une situation particulière et quelles seraient les conséquences si tous les acteurs du marché faisaient de même. Nous avons intégré ce que nous avons pu apprendre de la dernière crise.

D'autres mesures sont-elles nécessaires?

Marc Chesney: La publication dans les revues économiques de pointe joue un rôle décisif pour une carrière académique. Dans le domaine financier, elles sont très fortement influencées par l'Ecole de Chicago et son hypothèse d'efficacité des marchés. Les chercheurs qui critiquent cette théorie ont nettement moins de chances d'y voir leurs articles publiés. Les jeunes économistes choisissent ainsi plutôt des thèmes susceptibles d'être acceptés afin de progresser dans leur carrière. Un thème aussi important que la durabilité ne trouve pas sa place dans les revues de pointe de science financière. Il serait nécessaire d'avoir de nouveaux journaux de haut niveau qui soient ouverts à des thèmes plus variés.

La contrainte à publier dans les revues de pointe affaiblit-elle la liberté de la recherche?

Thomas Bieger: Certaines communautés scientifiques accordent aujourd'hui une

très grande importance aux publications dans ces magazines réputés, et des disciplines se voient fortement influencées par les éditeurs ou des réseaux particuliers. Les jeunes chercheurs n'ont pas d'autre choix que d'y publier s'ils veulent attirer l'attention au niveau international. Mon conseil: il convient de le faire, mais sans renoncer au reste.

Faut-il réexaminer certaines théories en vigueur dans les sciences économiques?

Marc Chesney: Oui, de nombreux modèles n'ont malheureusement pas beaucoup de rapports avec la réalité. Il est par exemple difficile à l'heure actuelle de justifier l'hypothèse de l'existence d'investissements sans risques dégageant toujours un rendement positif. Les obligations d'Etat ne présentent-elles vraiment aucun risque? En Suisse, leur rendement est souvent négatif. Cela s'est aussi produit par moments en Allemagne et au Japon. On devrait réexaminer très précisément la validité et la pertinence de nos théories et de nos modèles. Et il faudrait s'interroger sur la nécessité de développer de nouveaux concepts. Cela n'a pas été fait. Si vous comparez les programmes de cours actuels à ceux de 2006, vous constaterez que bien peu de choses ont changé.

Thomas Bieger: Voici un autre exemple. On a toujours supposé que la baisse des taux d'intérêt encourage les dépenses et soutient la consommation. En réalité, plusieurs pays où les taux sont négatifs voient le niveau d'épargne augmenter. Selon une hypothèse prenant en compte les comportements humains, les gens réalisent que les taux négatifs ont une incidence défavorable sur leurs plans de retraite et épargnent davantage pour compenser ces baisses. C'est pourquoi réexaminer les modèles économiques doit se faire dans une approche multidisciplinaire qui tienne suffisamment compte du facteur humain.

Suite à la crise financière, on a reproché aux sciences économiques d'avoir négligé de développer des modèles de croissance durable. Est-ce encore actuel?

Marc Chesney: Je ne connais aucun cours de sciences économiques qui se penche sérieusement sur la question de savoir si la

croissance est impérativement souhaitable pour l'ensemble de la population. La croissance à tout prix semble être un dogme dont la critique reste largement taboue. Il y a trop de modèles économiques découplés de la consommation des ressources. Nous devons pourtant remettre en question l'aspiration à la croissance et développer de nouveaux modèles.

Thomas Bieger: Le concept de développement durable qui exclut la consommation des énergies non renouvelables est passé au premier plan dans tous les domaines de la formation universitaire. La recherche l'intègre également: nous menons des études sur la durabilité, en particulier à l'Institut d'économie et d'écologie. Mais nous avons également une responsabilité à l'égard des régions pauvres et où la population augmente fortement. Il y existe un besoin de croissance qui soit, espérons-le, durable.

La critique de la croissance concerne donc avant tout nos sociétés prospères?

Marc Chesney: Oui. Pour qui survit avec moins de deux dollars par jour - comme une multitude de gens dans le monde - «plus» est synonyme de «mieux». Mais nous devrions au moins réfléchir à la nature de cette croissance et développer de nouveaux paradigmes.

Les sciences économiques ont-elles suffisamment tiré les leçons de la crise financière?

Marc Chesney: Non, il manque les incitations à le faire.

Thomas Bieger: Je suis convaincu que nous avons tiré les leçons nécessaires. Ce qui me tracasse, c'est que jusqu'à présent, «après la crise» a toujours été «avant la crise». Et que nous ignorons encore d'où pourra venir le prochain problème.

Philipp Hufschmid est journaliste à la Berner Zeitung.

Des ressources limitées

Plus de 7,5 milliards d'êtres humains se partagent les ressources naturelles telles le sol ou l'eau potable. D'ici 2100, la population mondiale sera probablement comprise entre 9 et 13 milliards d'individus selon les projections de l'ONU, augmentant encore la pression sur des matières premières parfois déjà raréfiées.

Ces réserves qui s'épuisent tarissent les sources de revenus des pays producteurs. Le sol rendu infertile par le changement climatique, la mauvaise gestion et la pollution compliquera à l'avenir la production de denrées alimentaires. Le défi est d'élaborer de nouvelles technologies respectueuses de l'environnement, une approche plus responsable de l'utilisation des ressources et des chaînes de création de valeur durables.

Les nouveaux monopolistes

Les géants de la numérisation, à l'instar des célèbres GAFA (pour Google, Apple, Facebook, Amazon), dominent entièrement leur branche d'activité. En récoltant des données sur tous les aspects de la vie des utilisateurs, ils adaptent leur prix en permanence, règnent sur le marché de la publicité en ligne et finissent par évincer entreprises traditionnelles et concurrents.

Leur position dominante biaise-t-elle le marché? La question est ardemment débattue. Leurs concurrents ont-ils encore la possibilité d'atteindre la taille critique nécessaire pour rejoindre le marché? Qui a accès aux montagnes de données et à quelles conditions? Comment les Etats peuvent-ils adapter leurs lois sur les cartels à ces nouveaux modèles d'affaires et les appliquer à ces multinationales?

Réguler la finance digitale

La numérisation bouleverse notamment le secteur financier. Les algorithmes remplacent les banquiers, le paiement mobile évince l'argent liquide, des inconnus s'octroient mutuellement des prêts en ligne. Les monnaies virtuelles telles le Bitcoin sont radicalement décentralisées, anonymes et surtout volatiles. Ces phénomènes soulèvent des questions de sécurité et de régulation, tout comme des interrogations concernant les effets sur les marchés financiers, entre autres ceux du commerce automatique.

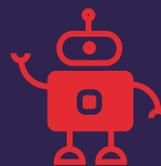


LES PRINCIPAUX DÉFIS



Le partage équitable

Des sociétés telles qu'Airbnb et Uber montrent que la mise en commun de ses biens peut donner naissance à des modèles d'affaires à succès. Mais ces réussites de la «sharing economy» ne sont pas sans effets secondaires. Airbnb assèche le marché du logement dans les centres-villes, concurrence les hôtels et prive l'administration de recettes fiscales. Uber reporte le risque entrepreneurial sur ses chauffeurs qui, contrairement aux employés traditionnels, ne bénéficient pas d'assurances sociales ou contre les accidents. Le législateur et les entreprises du secteur doivent trouver une manière de rendre ces nouveaux modèles socialement supportables.



Maîtriser l'intelligence artificielle

Les algorithmes ont envahi notre quotidien. Alimentés notamment par notre vie en ligne, ils deviennent les centres d'intérêt des utilisateurs et manipulent de manière inquiétante l'information qui leur parvient. Rares sont les professions qui ne seront pas touchées par l'automatisation.

Les questions soulevées par l'essor de l'intelligence artificielle sont tant légales que politiques: faut-il taxer les algorithmes? Qui est responsable lorsqu'un robot provoque un accident? Comment le système d'éducation peut-il former des travailleurs pour des emplois qui n'apparaîtront que dans vingt ans?

Redéfinir le travail

Le scénario d'une profession stable est remis en question, tout comme la définition du travail en tant qu'activité productive pour gagner de l'argent. La numérisation entraîne la fin de certains emplois et la création de nouveaux. Il est difficile de prévoir la manière dont le travail proposé et la main-d'œuvre disponible se trouveront en adéquation.

Quelles sont les alternatives envisageables au modèle actuel – un emploi jusqu'à la retraite – et comment les financer? Jusqu'où le travail familial et bénévole doit-il être pris en compte par le système social? De quelle manière réguler la globalisation des tâches effectuées à travers le crowdsourcing? L'idée d'un revenu de base inconditionnel est-elle désirable et, si oui, politiquement réaliste?



Le Sud accélère

Le centre de gravité économique ne se trouve plus en Occident: des pays tels que la Chine, le Brésil, l'Inde ou la Russie sont devenus des partenaires industriels et commerciaux de poids. Désormais multipolaire, l'économie est régie par une multitude d'accords internationaux. Les nouvelles règles du jeu ne sont plus uniquement dictées par l'Occident. Le défi: donner un accès au marché aux pays qui n'ont pas accompli de transition économique. L'Occident doit anticiper une nouvelle répartition du pouvoir.

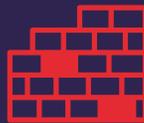


La société et l'économie doivent s'adapter à des mutations toujours plus rapides. Tour d'horizon des problèmes les plus importants.

Texte: Pascale Hofmeier Infographie: CANA atelier graphique

La prochaine crise

Les crises financières se succèdent, et il y a peu de raisons de penser que cela changera. Comment les Etats et les entreprises peuvent-ils se préparer au prochain choc?



Tirer parti des migrations

Plus de 240 millions d'êtres humains sont des migrants, que leur exode soit dû à l'instabilité politique, au chômage ou au changement climatique. La tendance devrait se poursuivre avec la mondialisation. Quelle est l'influence de ces mouvements sur les systèmes économiques des pays d'origine et d'arrivée? Comment la société doit-elle s'adapter, tant au niveau local que global, pour non seulement intégrer les migrants mais aussi profiter de leur potentiel?

Le retour du protectionnisme

Alors que l'Occident poursuit sa désindustrialisation, les pays à la main-d'œuvre bon marché connaissent un boom économique qui néglige souvent les questions de durabilité sociale et environnementale. Ces bouleversements internationaux du marché du travail ont généré un nombre croissant de perdants de la mondialisation et aiguisé la frustration. La tentation du protectionnisme grandit de pair avec l'intensification des problèmes liés à la globalisation, qu'ils soient réels ou seulement ressentis. Le Brexit et le slogan de Donald Trump «America First» illustrent bien le phénomène.

Faut-il se préparer à une vague de démondialisation? Les responsables politiques doivent-ils remettre en cause les principes libéraux dans certains secteurs afin de soutenir la mondialisation de manière ciblée dans d'autres?



Inversion de rôle: alors que l'économie résume volontiers la population à des statistiques, voici le visage «moyen» d'un banquier d'investissement, issu d'une expérience de psychologie qui demandait aux participants de sélectionner les visages stéréotypiques de la profession.

Image: Julian Oldmeadow

Faim de croissance

Le désir de posséder toujours davantage ne s'explique pas comme un simple déterminant biologique propre à l'être humain, expliquent les neuroéconomistes. Les anthropologues, eux, y lisent un impératif social et politique. *Par Nic Ulmi*

«La croissance économique commença lorsque nos ancêtres d'aspect simiesque se mirent à fabriquer des haches en pierre, en utilisant un caillou pour façonner un autre caillou.» Pioché dans le magazine financier *World Finance*, ce résumé reflète une vision courante du mécanisme qui conduit l'humanité à accumuler des richesses: il est l'expression d'un trait naturel de notre espèce, le résultat d'une pulsion innée et universelle, développée au cours de notre histoire évolutive et toujours active dans nos sociétés contemporaines. Les tentatives de maîtriser l'accroissement de la production pour en réduire l'impact environnemental seraient donc vouées à l'échec, car elles se heurteraient à une disposition fondamentale de notre esprit.

Une image bien plus complexe se dégage toutefois des études empiriques menées sur les ressorts des comportements économiques dans notre psyché: le désir d'avoir toujours plus cache par exemple une aversion à la perte, et la propension à maximiser l'intérêt personnel s'articule avec un penchant spontané pour l'équité. Surtout, les impulsions inscrites dans notre cerveau résultent d'une interaction complexe entre notre biologie et notre culture: dans le domaine économique comme ailleurs, la nature humaine apparaît sous le signe de la plasticité.

Des marchés trop rationnels

Pour Adam Smith, et à sa suite pour l'économie classique et néoclassique, le «progrès de l'opulence» des sociétés trouve son ressort dans deux élans profonds des individus: le désir d'améliorer son sort et le besoin d'obtenir la reconnaissance d'autrui. Ils conduiraient chacun à viser l'augmentation continue de sa fortune par des moyens parfaitement rationnels. Smith conjecturait qu'il en allait ainsi depuis la nuit des temps et que les êtres humains étaient naturellement dotés d'une propension à maximiser leur intérêt personnel.

A partir des années 1970, l'économie comportementale vient mettre des bémols dans cette vision. D'une part, cette rationalité que l'économie classique suppose parfaite s'avère limitée: face à un choix, nous n'utilisons pas toute l'information disponible et toutes les ressources du raisonnement logique, nous recourons le plus souvent à des jugements intuitifs, produits de façon automatique par des circuits très rapides et peu analytiques de notre esprit. Ces stratégies heuristiques «rapides et frugales», selon l'expression des chercheurs Gerd Gigerenzer et Daniel Goldstein, nous permettent souvent de tomber juste, mais génèrent également ce que les psychologues appellent des «biais cognitifs». Ceux-ci nous rendent influençables, vulnérables à la manipulation d'agents économiques qui peuvent nous pousser à prendre des décisions allant à l'encontre de notre intérêt, notait en 2015 Klaus Mathis, professeur de droit à l'Université de Lucerne.

«Le discours politique suggère de plus en plus que contribuer à la croissance doit être une motivation personnelle.»

Christian Arnspenger

Dans les années 1990, le MacArthur Economics Network croise les approches de l'économie expérimentale, de la psychologie et de l'anthropologie. Ce réseau de recherches auquel participe Ernst Fehr, pionnier de la neuroéconomie à l'Université de Zurich, observe que la vision de la nature humaine qui est au cœur de la théorie économique passe à côté de beaucoup de choses: «Les gens se soucient de leurs semblables et de la façon dont les transactions sociales se déroulent - pas seulement du

résultat», écrit l'équipe en 2004. Les expériences de laboratoire et les études de terrain menées en Occident comme ailleurs ne font pas apparaître l'*Homo œconomicus* attendu, mais un *Homo reciprocans*, chez qui «la logique de l'équité réciproque prend le dessus par rapport à des comportements égoïstes qui viseraient la maximisation de l'intérêt personnel». Les comparaisons interculturelles montrent que les ressorts psychiques du comportement économique varient très fortement entre les groupes humains. Il existe peut-être une nature humaine universelle, mais elle s'exprime en une variété de facettes, dans un rapport de façonnage mutuel avec la culture.

Accoutumance et envie

Spécialiste de «l'économie du bonheur» à l'Université de Bâle, Bruno S. Frey prolonge une vision de la psychologie et de l'anthropologie économiques qui colle de près à celle d'Adam Smith: «Nos recherches sur le bonheur montrent que le fait d'avoir davantage de ressources matérielles est très important pour ceux qui en ont très peu. On observe en effet que si quelqu'un a un faible revenu et que celui-ci augmente, sa satisfaction par rapport à la vie s'accroît de façon spectaculaire, car cela lui permet de s'éloigner de l'état de pauvreté, une condition très malheureuse.»

Les personnes situées à un niveau économique élevé essaieront elles aussi d'accroître leur revenu, mais pour une raison tout à fait différente, liée à la comparaison avec autrui: «Si vous êtes top manager, vous allez vous comparer à des collègues qui occupent des postes semblables. Or, même si vous gagnez davantage en Suisse qu'en France, en Allemagne ou en Italie, vous aurez tendance à vous comparer au secteur financier américain, qui lui rémunère encore bien davantage.» C'est une loi universelle de l'esprit, selon Bruno S. Frey: «Il semble y avoir une tendance innée à se comparer à des gens qui bénéficient d'une

«Du point de vue de l'évolution, on ne peut identifier une pulsion de croissance.»

Jörg Rieskamp

meilleure situation. Ce penchant envieux n'est pas un trait particulièrement aimable de la nature humaine. Mais cette tendance à se comparer systématiquement à des gens qui ont plus de succès a poussé l'humanité en avant dans son progrès.»

Un troisième ressort complète la mécanique, la maintenant dans un mouvement perpétuel même chez une personne au sommet de la prospérité: c'est l'«effet d'accoutumance», qui conduit à percevoir un état objectivement constant comme de moins en moins satisfaisant au fil du temps. Autrement dit, posséder toujours la même quantité de ressources équivaldrait pour notre esprit à en avoir une quantité décroissante, car nos attentes ne cesseraient de s'ajuster à la hausse. «Ce facteur d'accoutumance joue un rôle plus important en matière de revenu que dans d'autres domaines de la vie. Il neutralise une grande partie de l'effet de l'augmentation du bien-être matériel individuel», note Bruno S. Frey.

«L'accoutumance neutralise l'effet de l'augmentation du bien-être matériel individuel.»

Bruno S. Frey

Un autre facteur explique notre penchant pour la croissance, selon Jörg Rieskamp de l'Université de Bâle. «L'évolution a manifestement doté notre espèce de préférences hédoniques, explique ce psychologue spécialiste des processus de décision et des approches heuristiques dans le champ économique. Nous tendons à rechercher le plaisir et à éviter les états déplaisants. Mais cela ne signifie pas qu'il existe en nous une pulsion de croissance qui nous conduirait à vouloir davantage que ce que nous avons. D'un point de vue biologique, évolutionnaire, on ne parvient pas à identifier une telle pulsion. Ce qu'on observe, c'est, d'une part, une pulsion qui nous pousse à atteindre un niveau de ressources suffisant pour survivre et, d'autre

part, une aversion à la perte, c'est-à-dire une forte tendance à éviter d'avoir moins.»

Comment l'aversion à la perte s'articule-t-elle avec la pulsion de croissance? «En principe, une fois atteint un niveau de ressources suffisant, les gens seraient satisfaits de préserver leur statu quo. Mais dans la réalité, il est difficile de maintenir les choses inchangées. Il y a toujours des fluctuations, de l'incertitude, du risque. Notre tendance à éviter tout changement potentiellement négatif nous pousse ainsi à rechercher la sécurité en visant à avoir un peu plus de ressources dans l'avenir immédiat. Nous essayons donc d'obtenir davantage de biens matériels parce que cela nous paraît la stratégie la plus sûre pour éviter d'en avoir moins, même si, fondamentalement, nous nous satisferions d'un statu quo.»

Plasticité anthropologique

Il se pourrait que ces dispositions psychologiques ne soient que l'un des états possibles de notre esprit. C'est ce qu'avance Christian Arnsperger, directeur de l'Institut de géographie et durabilité de l'Université de Lausanne. Pour le spécialiste en anthropologie économique, la psyché de l'*Homo œconomicus* correspond moins à une nature humaine immuable depuis les chasseurs-cueilleurs du pléistocène qu'à un «projet culturel et politique». A l'époque d'Adam Smith, ce dernier avait une vocation humaniste: «Permettre l'émergence d'une société libérée de la hantise de la faim et de la mort précoce.»

L'*Homo œconomicus* serait-il donc un produit exclusif du XVIIIe siècle européen? «Je ne suis pas très favorable aux explications purement historiques: je pense qu'il existe un fond humain qui traverse l'histoire. Mais dans ce fond humain, il y a un débat interne permanent. L'humain «croisanciste» n'est qu'une variante possible de l'humain.» Loin d'être déterminés par un programme neurobiologique rigide, nous ferions ainsi preuve d'une «plasticité anthropologique», une «capacité innée à dépasser l'inné» ouverte sur un éventail de manières d'être humain. Les sciences bio-

logiques livrent d'ailleurs une image semblable, où un même génome et une même architecture cérébrale peuvent donner lieu à une variété de résultats corporels et comportementaux.

Comment l'impulsion à rechercher l'accroissement des richesses s'impose-t-elle à nous jusqu'à devenir une seconde nature? D'une part, à travers les mécanismes économiques eux-mêmes. «La création monétaire, par exemple, correspond de fait à la création d'une dette et inscrit les individus et les sociétés dans une obligation de croissance», note Christian Arnsperger. D'autre part, «la croissance est de plus en plus présentée comme un projet collectif. Aucun individu n'agit spontanément en ayant pour but la croissance macroéconomique. Dans le discours politique, par contre, on suggère de plus en plus que contribuer à cette croissance doit être une motivation personnelle. Il est vrai, par ailleurs, qu'il existe une minorité de détenteurs de capital qui ont un intérêt direct à ce que les économies dans leur ensemble croissent sans arrêt.»

Nous voilà confrontés à une tâche inédite, poursuit Christian Arnsperger: «Face à la destruction progressive de toutes les variables clés de la biosphère, construire une culture de la viabilité de la vie humaine sur terre passe non pas par l'arrêt de toute croissance, mais par le choix d'une croissance provisoire et sélective, qui consisterait à déterminer consciemment ce qu'on veut laisser croître et pour combien de temps.» L'économiste en appelle ainsi à une véritable «transition anthropologique», rendue possible précisément par la plasticité de notre nature. «Evidemment, il nous faut aujourd'hui mener ce projet autrement qu'à travers le constructivisme imposé par le haut par les mouvements totalitaires.»

Nic Ulmi est journaliste à Genève.

$$\Pr [T_A < 1, T_B < 1] =$$

$$\Phi_2(\Phi^{-1}(F_A(1)), \Phi^{-1}(F_B(1)), \gamma)$$

C'est «l'équation qui a tué Wall Street », titrait le magazine Wired en 2009. Ce ne sont pourtant pas les mathématiques qui posent problème, mais la confiance aveugle que leur témoigne les spécialistes de la finance. L'équation décrit la probabilité d'une faillite simultanée de deux valeurs; leur interdépendance est modélisée par l'unique paramètre γ .

Image: 2. stock süd

OPINION

Recherche: le danger du confort

La Suisse est devenue une place scientifique de premier plan, et c'est exactement pour cette raison qu'elle risque de passer à côté de belles opportunités.

Par Ulf Büntgen

WSL



Une seule haute école d'Europe continentale peut se targuer d'évoluer au coude à coude avec les meilleures universités britanniques et américaines depuis des années: l'ETH Zurich. Aux excellentes conditions de recherche et aux généreux salaires s'ajoutent une multitude de facteurs qui font son attractivité. Mais cette situation enviable va de pair avec un haut degré de satisfaction chez les scientifiques, qui est susceptible d'entraîner inertie et baisse du goût du risque ainsi qu'un affaiblissement de l'esprit d'innovation et de la créativité. La démocratie directe et la volonté de consensus risquent de ralentir les prises de décision et d'entraver le développement de visions personnelles. Finalement, des carrières trop rectilignes peuvent influencer de manière négative la performance des scientifiques.

Ce lamento peut sembler exagéré. Les chercheurs méritent des conditions de travail stables. Cependant, il est important de reconnaître les problèmes, en particulier dans de grandes organisations peu flexibles. L'élite fédérale de la recherche devrait réagir à temps aux plus petits signaux.

«Vouloir quitter sa zone de confort est important.»

Pour une politique de formation durable, nous devons valoriser davantage la collaboration internationale, les expériences à l'étranger, les projets interdisciplinaires et non conventionnels, les prises de risque et l'innovation, les discussions critiques et la volonté de quitter sa zone de confort. Les profils les plus recherchés sont ceux qui construisent leur carrière sur ces piliers. Pour rester compétitifs sur le plan international, les chercheurs misent sur cette approche dynamique plutôt que sur le statu quo. Les institutions d'encouragement à la recherche doivent créer les incitatifs nécessaires à même de soutenir les fonceurs et les esprits non conformistes.

Ulf Büntgen est professeur en analyse des systèmes environnementaux à l'Institut de géographie de l'Université de Cambridge depuis janvier 2017. Il est également Senior Scientist à l'Institut fédéral de recherches sur la forêt, la neige et le paysage (WSL).

LA CITATION

«On ne doit pas toucher à la recherche fondamentale.»

Le commissaire européen Carlos Moedas, au sujet du 9e programme-cadre de la recherche de l'UE, dans Research Fortnight.

LE CONCEPT

Semantic Publishing

La publication d'articles en ligne dont les composants sont identifiés par des balises sémantiques. Celles-ci structurent les informations et les rendent accessibles aux algorithmes. Exemple: bit.ly/Ho_sempub

L'OUTIL

Paprr

Surnommée «Tinder pour preprint», l'app permet de catégoriser d'un glissement de doigt les derniers articles postés sur la plateforme d'articles Biorxiv. Quatre catégories combinent les appréciations «article excitant» ou «ennuyeux», et «plausible» ou «contestable». bit.ly/Ho_paprr

NEWS

■ Séduisant ne rime pas avec compétent

Les gens estiment moins souvent qu'un scientifique est «probablement bon» si son visage est jugé attrayant ou sociable, selon une étude britannique basée sur plus de 600 photos. Elle n'a pas trouvé de forte corrélation avec l'ethnicité, l'âge ou le sexe. L'étude s'est faite en deux étapes afin de vérifier que les premières conclusions étaient bien reproductibles. doi.org/b9dr

■ Des preprints dans l'évaluation

Les Conseils de recherches médicales (MRC) et des sciences biologiques (BBSRC) du Royaume-Uni acceptent les preprints dans l'évaluation de projets, tout comme les NIH américains. bit.ly/Ho_bbsrc

■ Open science: la confiance n'est pas tout

De nombreux chercheurs se déclarent en faveur de la science ouverte, mais se montrent frileux envers ce concept pour leurs propres recherches. La raison: ils craignent de se voir voler idées et résultats. Les entretiens réalisés par la sociologue finlandaise Heidi Laine avec les participants de deux projets d'open science indiquent qu'avoir confiance envers ses collègues constitue «un facteur important mais pas crucial.» «Pour l'instant, rien n'était les craintes que davantage d'ouver-

ture ne génère plus de vols d'idées et de résultats», écrit la chercheuse. Ces peurs sont renforcées par le rôle central donné à la publication, alors que la source de motivation des chercheurs actifs dans l'open science est avant tout la curiosité scientifique. bit.ly/Ho_scoop

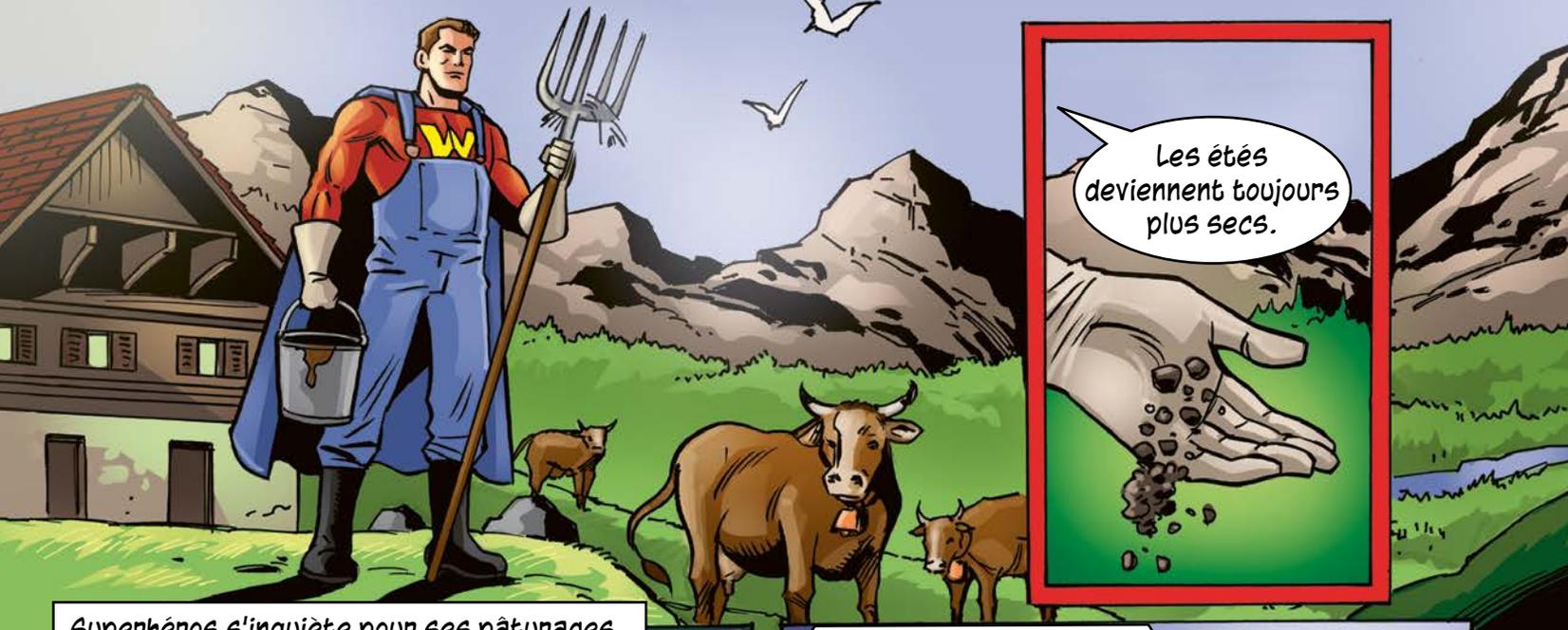
■ Elsevier fait valoir des violations de copyright

Un tribunal fédéral américain a accordé 15 millions de dollars à l'éditeur Elsevier comme réparation pour des violations de droits d'auteur commises par des sites pirates tels que Sci-hub et Libgen, qui distribuent gratuitement des articles scientifiques. bit.ly/Ho_Elsev1

■ Poutine s'immisce dans la science

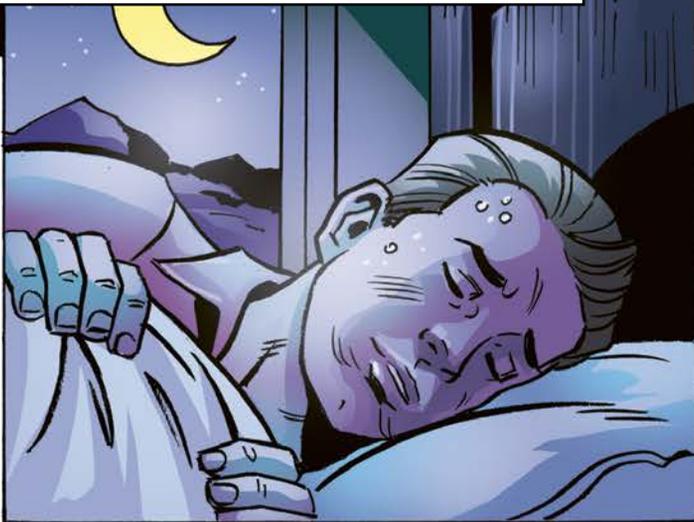
La nomination au poste de président de l'Académie des sciences de Russie devra être approuvée par le chef de l'Etat, selon un nouveau projet de loi. doi.org/b9gh

SUPERHÉROS SAUVE LA SCIENCE



Les étés deviennent toujours plus secs.

Superhéros s'inquiète pour ses pâturages. Prof Darstein lui apparaît en rêve...



Sauve ton alpe, sauve le monde! Tu dois remédier aux maux de la science.



Les scientifiques idolâtrant l'indice h^* .

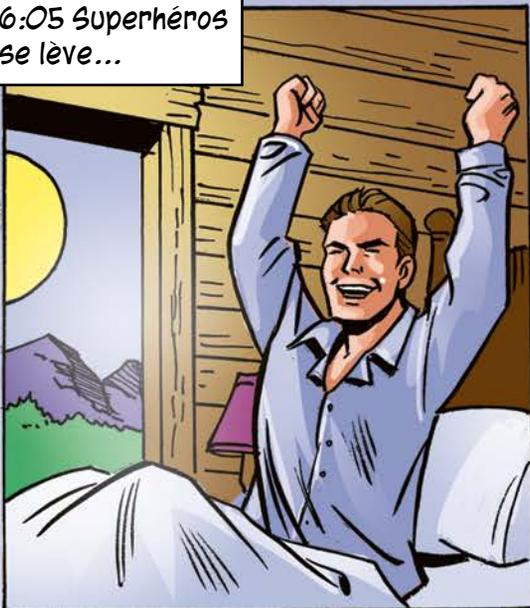
Le monde a besoin de savants inspirés.

Deviens chercheur et montre l'exemple!



* L'indice de Hirsch quantifie le nombre de citations des scientifiques et sert d'indicateur de leur productivité.

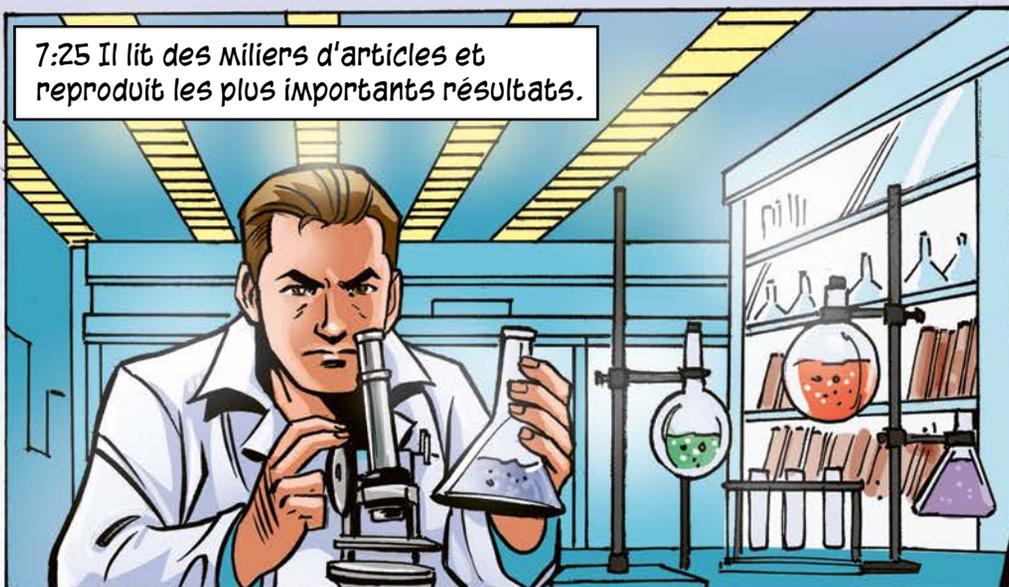
6:05 Superhéros se lève...



... et devient chercheur.



7:25 Il lit des milliers d'articles et reproduit les plus importants résultats.



9:43...

Ça pourrait marcher...



11:52...

Hypothèse confirmée!

Je recommence l'expérience – les résultats doivent être solides!



13:40 Enseignement

Master,
doctorat et tutorat:
si vous voulez vous engager,
vous êtes tous les
bienvenus!



15:26 Politique

Travaillons
ensemble pour
trouver des
solutions.



16:15 Spin-off

960 places
de travail!



17:15 Dialogue

Votre savoir
est précieux.

Venez
discuter dans
l'Arena.



19:30 Famille

Papa,
dans mes rêves
je veux voler en
11 dimensions!

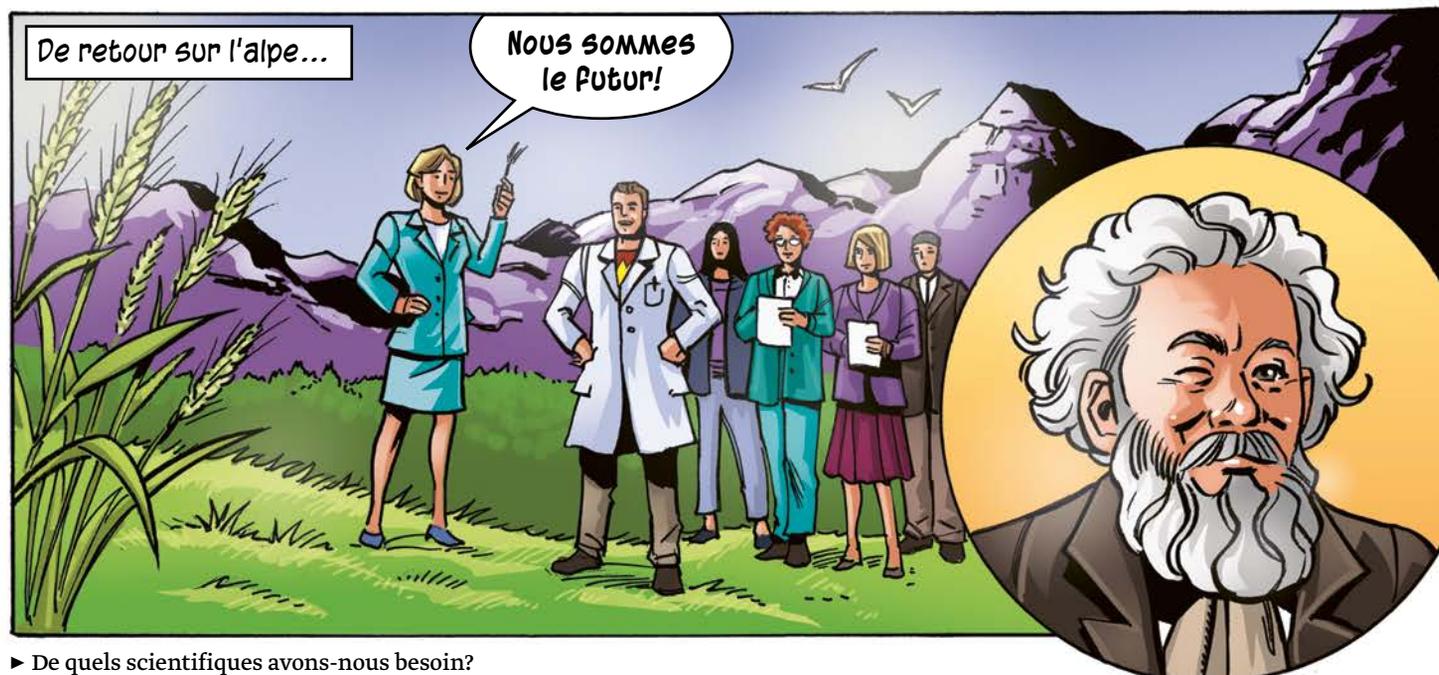
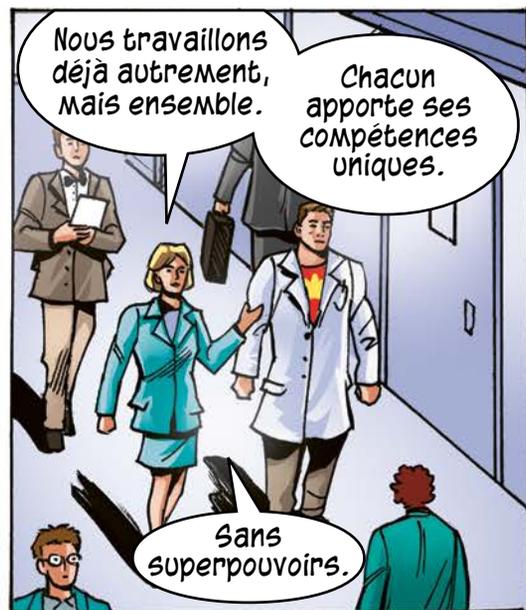


21:15...

Mes collègues ne
suivent pas mon
exemple...

Pourquoi
diantre?





«Les science studies posent des questions douloureuses»

Le monde académique doit s'observer lui-même de manière rigoureuse, affirme Bruno Strasser. L'historien des sciences explique pourquoi les études sur la science peinent pourtant à se développer en Suisse. *Interview par Daniel Saraga*

Des sciences citoyennes à l'open science, le monde académique cherche à se réformer. Le fait-il de manière scientifique?

C'est la question qui fait mal... La science revendique de la part du politique une approche «evidence-based» fondée sur les faits, mais ne l'applique pas forcément à elle-même. Un problème est que les travaux en science studies utilisent souvent le jargon spécialisé des sciences sociales, mal compris des biologistes ou des physiciens. Ceux-ci n'ont pas vraiment accès à ces nouvelles connaissances. C'est dommage.

Un problème de culture?

Oui, mais pas uniquement. Jusque dans les années 1960, le métadiscours sur la science était principalement formulé par les chercheurs eux-mêmes actifs dans les sciences naturelles. C'est ensuite qu'est venu un regard extérieur apporté par des sociologues et des historiens qui professionnalisent les science studies. Elles posent alors des questions plus douloureuses sur le fonctionnement de la recherche. Cela a conduit à des crispations entre sciences naturelles et sociales. Les tensions se sont calmées depuis, et le discours des science studies est mieux compris et accepté. Mais le dialogue fonctionne manifestement moins bien en Europe qu'aux Etats-Unis où les universités cultivent les liberal arts et où les étudiants suivent à la fois des cours de sciences dures et sociales. Cela facilite les échanges.

Et en Suisse?

Il y a encore peu d'initiatives en science studies, excepté au Collegium Helveticum à l'ETH Zurich, au Laboratoire d'étude des sciences et des techniques à l'UNIL ou au Collège des humanités à l'EPFL. Bâle a notamment fermé sa chaire en 2014, et d'excellents chercheurs ont quitté le pays. La plupart des spécialistes en sciences naturelles ne possèdent pas une culture des sciences humaines et sociales. Les institutions restent très disciplinaires, et les science studies se retrouvent donc à cheval entre les domaines.

Selon vous, quelle est la question urgente à aborder en science studies?

C'est la critique de l'expertise: le public doit-il faire confiance aux experts académiques lors de décisions ou votes politiques?



La science citoyenne sert aussi à légitimer la recherche, dit l'historien Bruno Strasser.

Photo: Carmen Püntener

Cela rappelle la rengaine populiste contre «les élites». Y a-t-il un risque d'instrumentalisation des science studies?

Absolument. Le sociologue des sciences Bruno Latour se reprochait en 2004 d'avoir, par ses écrits critiques, amené des arguments récupérés par les politiques pour nier le changement climatique. On a vu des créationnistes citer les science studies au tribunal. Mais on ne peut s'autocensurer par crainte de l'utilisation abusive de ses recherches!

Cela dit, les populistes développent un relativisme extrême avec les références au «bon sens du peuple» censé surpasser l'avis des experts. Cette position - qui fait aussi peur que le scénario inverse d'une technocratie toute-puissante - ne correspond pas aux science studies. Celles-ci revendiquent une interprétation critique des faits scientifiques, avec notamment une gradation de leur degré de fiabilité. Ce dernier point est bien connu des chercheurs, mais il est souvent masqué par un story-telling jalonné de progrès, de découvertes historiques et d'instant d'eurêka.

Comment rétablir une certaine confiance entre population et scientifiques ?

A la fin du XXe siècle, les Etats ont craint que les critiques envers les sciences n'affaiblissent le soutien du contribuable à la recherche. Ils ont réagi en mettant en place des dispositifs participatifs comme l'évaluation des choix technologiques. Les études sur ces derniers donnent une impression mitigée: les consultations se font tardivement, lorsque les projets technologiques sont déjà décidés, et le public se sent en partie floué.

On cherche désormais à faire participer la population non seulement à la décision mais aussi à la production de savoirs scientifiques. Les études de mon groupe sur les sciences citoyennes révèlent une grande diversité. Dans certains cas, le citoyen se contente de classer des images de galaxies ou des neurones. Il est capable d'apprendre beaucoup sur le sujet. Mais on lui fait croire qu'il réalise le même travail qu'un expert alors qu'il ne s'agit que de tâches scientifiques simples, sans réelle autonomisation. Cela donnera une image simpliste de la science. On peut y voir une part de démagogie: on implique la population pour, in fine, lui faire accepter ses recherches.

L'autre extrême est le mouvement de la science DIY (do-it-yourself), comme à l'Hackarium près de Lausanne, où des citoyens ont la possibilité de concevoir leur propre projet de recherche. Il s'agit certes souvent de jeunes possédant une formation scientifique, mais ces expériences participatives offrent un nouveau cadre pour d'autres types de recherches.

Le chercheur citoyen

Bruno J. Strasser est professeur d'histoire des sciences à l'Université de Genève et professeur associé à Yale. Ses travaux sur l'histoire de la biologie et de la médecine l'ont amené à Paris, Berlin, Princeton, Barcelone et Manchester. Il se penche actuellement sur l'histoire des sciences citoyennes.

Turquie: des recherches à haut risque

La situation politique tendue rend le travail des scientifiques de plus en plus difficile en Turquie. Des chercheurs étrangers racontent.

Par Simon Jäggi

L'anthropologue prend notre appel depuis les bords turcs de la mer Egée. Elle est arrivée quelques jours plus tôt dans le pays afin d'y étudier la situation politique: «Je veux savoir quels types de recherches sont encore possibles dans le pays», dit-elle. Pour ne pas mettre en danger sa personne et ses partenaires locaux ou risquer de compromettre ses travaux, elle restera anonyme, tout comme d'autres sources pour cet article.

Elle travaille en Turquie depuis plusieurs années. Elle n'est pas encore en mesure d'évaluer quelles activités pourront être menées. «Dans tous les cas, faire des recherches ici sera plus difficile», dit-elle.

Tout comme l'anthropologue, bon nombre des scientifiques européens qui se penchent sur la Turquie perçoivent la situation comme imprévisible et potentiellement menaçante. Ils sont confrontés à des complications importantes: ils ne reçoivent plus d'autorisation de recherche, ou seulement au prix d'immenses efforts, l'accès aux archives devient difficile et les partenaires sur place se montrent plus prudents. Ils peinent à évaluer la forme prise par la surveillance étatique. L'anthropologue se fait surtout des soucis pour

ses collègues locaux: le pire qu'elle puisse craindre est une expulsion et une interdiction d'entrée sur le territoire. Son partenaire dans le pays et la doctorante turque, eux, risquent des conséquences autrement plus graves.

La forte pression exercée sur le monde académique turc est largement relayée par les médias européens. Les chiffres parlent d'eux-mêmes: depuis la tentative de putsch de l'été 2016, l'Etat turc a licencié plus de 4800 chercheurs et ouvert une procédure pénale contre plus de 100 d'entre eux, selon des chiffres de l'Université de Lund. Début juin, l'organisation américaine Scholars at Risk a publié un nouveau rapport sur la Turquie. Ses auteurs soulignent que les poursuites contre les scientifiques ont atteint une «ampleur sans précédent»: fermeture d'universités, licenciements, emprisonnements et interdictions de voyager. Des milliers sont touchés par la répression. Et les persécutions continuent.

L'autocensure comme protection

Le climat politique se répercute sur le travail des chercheurs étrangers sur place, mais aussi dans les hautes écoles où leurs résultats sont analysés et diffusés. «Nous réfléchissons soigneusement à ce que nous pouvons publier ou non», dit un professeur en sciences sociales qui travaille sur la Turquie depuis plus de trente ans. Par chance, son équipe a terminé la récolte de données de terrain avant la tentative de putsch de 2016: «Ces recherches, nous ne serions plus en mesure de les mener aujourd'hui.»

«Nous travaillons toujours avec un pied sur le frein.»

Nataša Mišković

Photographie du procès de l'artiste aristocrate ottomane Aliye Berger, accusée d'avoir tiré sur une rivale amoureuse. Un siècle plus tard, étudier ce type de documents historiques – comme le fait Nataša Mišković à l'Université de Bâle – s'avère une affaire délicate.

Photo: SIBA-Datenbank



Ses collaborateurs, dont une personne de nationalité turque, ont quitté le pays il y a plus d'un an. Ils analysent actuellement les données en vue d'une première publication. La recherche porte sur la délicate question des rapports entre la société turque et l'Etat. «Nous devons être très prudents et ne pouvons pas écrire tout ce que nous aimerions.» La priorité est la protection des collaborateurs et des sources sur place, des employés d'ONG et des politiciens d'opposition.

D'un côté, les scientifiques veulent honorer l'exigence de publier tous les résultats pertinents; de l'autre, ils doivent gérer la peur diffuse de la répression. Les craintes sont attisées par les arrestations et les licenciements dans diverses organisations et universités. Ce dilemme touche aussi Nataša Mišković, professeure boursière FNS à l'Université de Bâle. Son projet de longue durée sur la genèse de la République turque et la vie quotidienne à Istanbul et



Ankara dans les années 1920 et 1930 passe notamment par l'analyse de photographies de presse des grands quotidiens Cumhuriyet et Aksam.

La recherche est terminée et Nataša Miškovic prépare une exposition qui devrait être présentée également en Turquie. Ce projet demande une grande circonspection: «Nous menons d'intenses discussions pour décider ce qui sera montré et où.» Des compromis ont été faits pour ne pas perdre

des partenaires. La prudence est surtout de mise lorsqu'il est question de violence d'Etat. «Comme beaucoup d'autres chercheurs, nous travaillons en gardant toujours un pied sur le frein.»

Un sentiment de menace diffuse s'insinue sans cesse dans les discussions avec les scientifiques. Mais cette situation imprévisible ne leur ôte pas la volonté de poursuivre leur travail. «Nous ne pouvons pas quitter tous les pays qui ne veulent pas que

l'on étudie chez eux», souligne l'anthropologue au téléphone. Elle doit raccrocher. Dans une demi-heure, elle rencontrera les employés d'une organisation locale, toujours accompagnée par ce sentiment d'inquiétude latent.

Installé à Bâle, le journaliste indépendant Simon Jäggi écrit notamment pour la Tageswoche.

Chronologie des tensions en Turquie

3 octobre 2005 Début des négociations d'adhésion entre la Turquie et l'Union européenne.

15 juillet 2016 Tentative de putsch. Le gouvernement accuse le prédicateur Fethullah Gülen d'en être l'instigateur.

21 juillet 2016 Etat d'urgence: restriction des droits fondamentaux et de rassemblement.

4 novembre 2016 Publication de chiffres: 11000 fonctionnaires, juges, policiers, soldats et scientifiques ont été suspendus ou licenciés à cause de liens présumés avec le réseau de Fethullah Gülen. Des dizaines de milliers de personnes sont arrêtées et 170 médias fermés.

8 février 2017 Nouvelle vague de licenciements: 4500 fonctionnaires, dont 330 employés de hautes écoles, sont renvoyés.

16 avril 2017 Le référendum controversé sur la constitution est accepté par 51,4% des voix

18 avril 2017 Le gouvernement prolonge l'état d'urgence de trois mois.

30 avril 2017 La Turquie bloque l'accès à Wikipedia.

1er août 2017 Début d'un procès de masse de 500 putschistes.

La justicière du cyberspace



Solange Ghernaouti est mondialement reconnue pour son expertise en matière de sécurité numérique.

Rencontre avec une battante qui a su rester simple.

Par Martine Brocard

Femme dans un milieu d'hommes, Solange Ghernaouti? «Je suis une scientifique qui a l'envie de comprendre et de partager. C'est asexué, tranche l'informaticienne de 58 ans. Mais je ne suis pas un mec. Je revendique ma différence. Je crois en la complémentarité des êtres.» Pieds nus dans le bureau qu'elle occupe depuis trente ans, les cheveux noués en couettes et accompagnée de son caniche Swak qui la suit même en cours, la professeure en sécurité de l'information de l'Université de Lausanne (UNIL) s'assume avec malice.

«Dès qu'on s'expose, on prend le risque de ne pas être apprécié. Mais je m'en fiche, l'important est d'être respecté.» D'abord architecte de réseaux de télécommunications, elle s'est ensuite spécialisée dans leur sécurité. L'experte fait aujourd'hui figure d'autorité en matière de cybersécurité. Ses livres sont traduits en chinois, elle donne des conférences dans le monde entier et conseille des instances onusiennes et gouvernementales.

Celle que son entourage décrit comme une «battante» milite actuellement pour une «Déclaration de Genève du cyberspace», qui devrait réguler l'environnement numérique, établir des droits spécifiques aux internautes et définir les limites des pratiques acceptables. «Comme pour le climat ou l'environnement, nous devons réfléchir à quel cyberspace nous voulons laisser à nos enfants.»

Piratée par Daech

La chercheuse revendique une approche interdisciplinaire de la cybersécurité. Ses projets portent tant sur les technologies que sur la gestion des risques, ainsi que sur ses dimensions philosophique, sociale, économique et politique. Dans ce cadre, elle en vient autant à mettre en garde contre l'emprise des géants informatiques sur notre vie privée qu'à lutter contre la criminalité sur Internet. Cela ne lui vaut pas que des amis: en 2015, le site web de son groupe de recherche Swiss Cybersecurity Advisory and Research Group a été piraté, apparemment par l'Etat islamique. «Je l'ai pris comme une expérience. Cela m'a permis d'appréhender la cybersécurité en tant que victime.»

Il en faut plus pour déstabiliser Solange Ghernaouti. Très jeune, elle a dû se battre pour tracer sa voie. Elle est née en Algérie pendant la guerre, de parents français. Son père était géomètre au Sahara, et elle a un frère d'un an son aîné. La famille ne tarde pas à rentrer à Paris. «Nous n'étions pas riches. Ma mère disait que sa plus grande fierté était de pouvoir nous donner à manger tous les jours.»

Petite fille dans la lune, fascinée par les dictionnaires, elle est dyslexique à une époque où ce trouble est peu connu. «Mon nom de famille comporte tellement de lettres que je les mélangeais toutes!» sourit-elle. Elle se retrouve parmi les cancre relégués au fond de la classe. Elle s'en sort par la suite grâce aux maths et obtient son bac à 16 ans. «D'avoir dû m'accrocher en permanence m'a rendue plus forte.»

«Nous devons réfléchir à quel cyberspace nous voulons laisser à nos enfants.»

Solange Ghernaouti

Vers la fin de l'adolescence, Léonard de Vinci l'inspire. «J'étais fascinée par sa faculté d'inventer et de se projeter dans l'avenir, mais plus encore par son écriture en miroir.» A force de s'exercer, elle parvient à l'imiter. Démonstration: elle saisit deux stylos et écrit simultanément la même phrase, de droite à gauche avec la main droite et de gauche à droite avec l'autre. Belle revanche pour la gamine dyslexique qui faisait des pâtés avec sa plume. Tout comme le fait d'avoir à ce jour publié une trentaine de livres, dont le premier «Que sais-je?» consacré à Internet, avec Arnaud Dufour.

L'indépendance avant tout

Au milieu des années 1970, elle quitte la maison et une éducation stricte pour étudier l'informatique. «J'ai été attirée par le côté innovant et abstrait de cette discipline. Tel un enfant devant un nouveau jouet, j'avais envie de comprendre comment cela fonctionne et ce que l'on peut en tirer.» Pour financer ses études, elle travaille comme aide-soignante, prof de maths et assistante d'un neuropsychiatre avant de monter sa société de services en développement logiciel. «C'était drôle, mais aussi une question de survie. Je voulais être indépendante pour qu'on ne puisse rien m'imposer en retour.» Doctorat en poche, elle postule à l'UNIL et devient à 28 ans la première femme professeure à la faculté des Hautes études commerciales (HEC), un poste qu'elle occupe toujours.

«Solange est une personne exceptionnelle, une chercheuse hors norme qui détecte les sujets à creuser et sait mettre ses

troupes au travail, confie Iglï Tashi, un ancien doctorant aujourd'hui chef de la sécurité informatique à la Banque cantonale vaudoise. Mais j'admire encore plus son ouverture d'esprit, au-delà de tout préjugé.»

Elle donne naissance à sa fille quelques années plus tard. Sa «plus belle aventure», mais aussi son «marathon de l'extrême» puisqu'elle l'élève seule tout en poursuivant sa carrière. «Il est là l'exploit, et tout le monde s'en fiche!» s'exclame-t-elle, glissant «avoir failli démissionner tous les jours». Une amie de l'UNIL, la biologiste Liliane Michalik, décrit sa collègue informaticienne comme «une femme très généreuse et courageuse, dévouée à sa fille et à son travail» dans un milieu académique macho. Solange Ghernaouti trouve malgré tout le temps de s'engager: pendant plus de dix ans, elle préside la Commission sociale de l'UNIL ainsi que celle de l'égalité des chances. «C'était naturel, presque un devoir de solidarité et de transmission de modèles féminins.»

Aujourd'hui, elle consacre son temps libre à sa fille, aux livres et à ses amis. Elle aime la forêt, regarder les étoiles et rêve d'élever des poules. Elle entreprend quotidiennement de longues balades avec son caniche: «Cela me permet de m'oxygéner l'esprit, de penser en dehors du cadre et de m'organiser. En réalité, c'est mon chien qui me promène!» rigole la chercheuse. Mais sa première passion reste de comprendre, de réfléchir et de partager. «Je veux demeurer disponible pour l'idée nouvelle. C'est un style de vie. Ceux qui n'y voient que des contraintes ne peuvent l'apprécier, mais personnellement je trouve cela jubilatoire.»

La journaliste Martine Brocard écrit pour l'ATS, Les Alpes et LargeNetwork.

Une Légion d'honneur à Lausanne

Née en Algérie en 1958, Solange Ghernaouti a obtenu son doctorat en informatique et télécoms à l'Université de Paris VI en 1986. Elle a été nommée professeure à la faculté des Hautes études commerciales de l'Université de Lausanne en 1987. Elle est membre du Geneva Center for Security Policy et de l'Académie suisse des sciences techniques et auditrice de l'Institut des hautes études de défense nationale à Paris. Elle a reçu la Légion d'honneur en 2014. Elle est Franco-suisse et a une fille adulte.

Des puces informatiques qui imitent le cerveau

A l'instar des neurones, les memristors se souviennent de leur état antérieur. La promesse de ces nouveaux dispositifs électroniques: des processeurs d'analyse des données plus rapides et efficaces.

Par Sven Titz

On s'est habitué à des ordinateurs toujours plus rapides et performants, mais cette progression se rapproche de ses limites physiques. Cela tient à leur architecture, explique Yusuf Leblebici, professeur à l'École polytechnique fédérale de Lausanne (EPFL). L'interconnexion entre éléments de stockage et processeurs tourne au goulot d'étranglement. «Plus les processeurs accélèrent, plus il est difficile d'échanger suffisamment vite les données avec la mémoire.»

La solution pourrait venir d'une architecture différente et de nouveaux composants électroniques. Des scientifiques s'inspirent des cellules nerveuses biologiques afin de développer des processeurs neuromorphiques, dont le mode de fonctionnement reproduit celui d'un réseau de neurones. L'avantage: le calcul et le stockage sont plus étroitement imbriqués.

En principe, on peut construire des puces neuromorphiques avec des composants électroniques traditionnels, comme dans le processeur d'IBM Truenorth. Yusuf Leblebici poursuit une autre voie en utilisant de nouveaux éléments appelés memristors: des résistances électriques dont les propriétés dépendent des flux de courant les ayant traversées auparavant. Ils présentent ainsi des propriétés analogues aux neurones biologiques, qui se souviennent des connexions antérieures et sont ainsi en mesure de se modifier et d'apprendre.

Ignorer les erreurs

Le chercheur de l'EPFL veut développer plusieurs prototypes de puces neuromorphiques en coopération avec IBM et l'Institut de neuroinformatique de l'Université de Zurich. Les équipes travailleront dans trois directions: la mise au point de nouveaux memristors, leur intégration dans des circuits électriques comprenant éventuellement des capteurs et finalement l'intégration dans un dispositif électronique

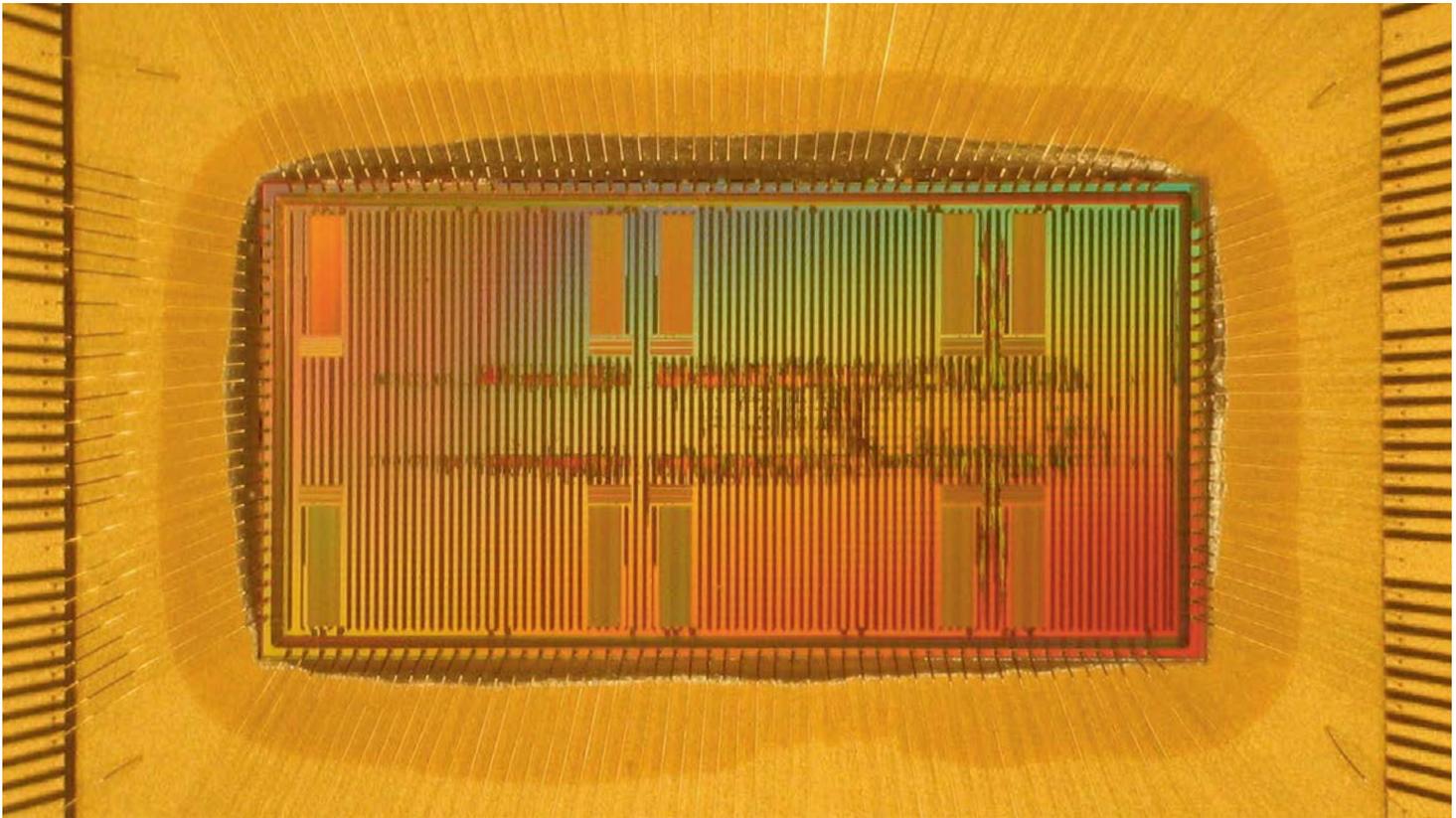
global. Il espère ainsi pouvoir développer en quelques années un prototype de reconnaissance vidéo.

L'avantage principal des puces basées sur des memristors réside dans leur très forte densité, poursuit Yusuf Leblebici. Elle permettrait d'effectuer certains calculs sur des dispositifs cent fois moins grands qu'avec des circuits imprimés conventionnels. Le prix à payer est une perte de précision des résultats. Néanmoins, certaines analyses de grands volumes de données exigeant une extrême rapidité tolèrent bien de petites erreurs ici ou là, comme la reconnaissance et l'analyse de données audio, photo et vidéo. Après tout, l'œil pardonne bien la présence de pixels isolés ayant la mauvaise couleur.

Les memristors vont au-delà des 0 et 1 du langage binaire: ils prennent également des valeurs intermédiaires.

Les entreprises de microélectronique manifestent un grand intérêt pour les puces neuromorphiques, note Markus Kubicek de l'Université technique de Vienne. Il y a quelques années, il avait développé à l'ETH Zurich des memristors susceptibles de succéder aux mémoires flash. Le chimiste souligne une différence fondamentale avec les transistors traditionnels au silicium: les memristors ne se limitent pas aux deux valeurs du langage binaire, le 0 et le 1, mais prennent aussi des valeurs intermédiaires. Cette propriété les rend capables d'apprendre et trouve également des applications en logique «floue», une variante qui travaille non pas sur une base vrai/faux, mais avec des énoncés approximatifs.

«Il n'est pas encore clair si les puces neuromorphiques réalisées à base de memristors prendront le meilleur sur les tech-



Le projet européen Coronet a construit cette puce basée sur l'architecture d'un réseau de neurones artificiels. Le but: la connecter à une culture de neurones biologiques afin d'en étudier le fonctionnement. Image: Stefan Schiefer

riques conventionnelles», souligne Markus Kubicek. Et de nombreuses variantes de memristors existent. Le chercheur utilise en général comme matériau des oxydes de titane ou de strontium, qui tirent parti de lacunes d'atomes d'oxygène. D'autres matériaux fonctionnent sur la base de filaments métalliques.

La densité de memristors sur une puce devrait encore pouvoir s'accroître. Il faudra pour cela passer à une architecture tridimensionnelle en empilant ces composants les uns sur les autres. Elle serait notamment utile pour l'apprentissage automatique «profond», une procédure essentielle de l'intelligence artificielle, souligne Yusuf Leblebici.

Améliorer la durabilité

Un avantage souvent mis en avant avec les memristors est qu'ils devraient permettre de produire des puces à la consommation d'énergie fortement réduite. Le spécialiste de l'EPFL tempère un peu cet optimisme: «Il ne faut pas oublier qu'ils ont besoin d'un raccordement périphérique, qui consomme lui aussi de l'énergie.» Mais le grand défi se situe ailleurs, relève Markus Kubicek: leur durée de vie reste encore insuffisante. Ils devraient être capables de supporter plus d'un milliard de cycles, voire mille fois plus. «La plupart des memristors actuels ne le peuvent pas», dit-il, même si cette situation n'a rien de définitif.

La production des memristors manque encore d'homogénéité pour envisager une utilisation industrielle, relève l'ingénieur électricien Christian Mayr de l'Université technique de Dresde, qui mène également des recherches sur les structures neuromorphiques. «Plusieurs étapes de fabrication sont nécessaires, relève-t-il. Cela pose problème parce que les producteurs de semi-conducteurs renâclent devant chaque nouvelle étape en raison des coûts.»

Les perspectives des memristors sont particulièrement prometteuses dans les neuroprothèses ou d'autres interfaces entre le corps et l'ordinateur. Christian Mayr a expérimenté des systèmes de cette nature de 2013 à 2015 lors d'un séjour de recherche à Zurich. Des applications intéressantes s'ouvrent aussi dans le domaine de la compression de l'information. L'œil peut par exemple diviser par cent la densité du signal visuel reçu avant de l'envoyer au cerveau, une prouesse que les scientifiques espèrent un jour parvenir à reproduire avec des processeurs neuromorphiques. Que ceux-ci soient basés ou non sur des memristors, ils promettent de changer en profondeur la manière d'envisager l'informatique.

Sven Titz est un journaliste libre basé à Berlin.

Des résistances dotées de mémoire

Aux côtés du condensateur, de la résistance et de la bobine, le memristor (de «memory» et «resistance») constitue le quatrième composant passif élémentaire des circuits électriques. Sa résistance varie en fonction de la quantité et de la direction du courant qui l'a traversé et peut ainsi être modifiée en permanence. Inventé en 1971, il permettrait l'élaboration d'ordinateurs d'un nouveau type. ff

Recycler le CO₂

De nouveaux catalyseurs transforment le dioxyde de carbone en méthanol et acide formique, des matières premières liquides facilement transportables.

Par Dölf Barben



Un bateau est chargé de cuves de méthanol liquide (en bleu). Ce composant important de l'industrie chimique peut être produit à partir de CO₂. Photo: Peter Beentjes

Rien de bien impressionnant: des câbles, des récipients et des bonnes de gaz. Ainsi qu'un bloc de métal à l'air plutôt banal doté d'une petite fenêtre et posé sur un meuble à tiroirs. Combiné à un spectroscopie Raman, ce réacteur sous pression permet d'observer la structure moléculaire des matériaux à travers leur interaction avec un rayon laser.

La taille de l'expérience n'a rien à voir avec l'ambition du projet sur lequel Philipp Rudolf von Rohr travaille avec une douzaine d'autres chercheurs venant de huit pays. «Notre objectif est de tirer quelque chose d'utile à partir du CO₂», dit le professeur au Département de génie mécanique et des procédés de l'ETH Zurich.

Du gaz liquéfié

Il ne s'agit pas ici de capter le dioxyde de carbone dans l'atmosphère, mais de le transformer en une matière première liquide dont on puisse extraire quelque chose d'utile, du carburant par exemple. Alors que le stockage du CO₂ comme gaz réclame des moyens très importants, il est facile à entreposer et à transporter sous forme liquide.

Les scientifiques maîtrisent déjà deux des trois réactions nécessaires - sur le papier, la chose ne semble pas plus compliquée qu'un devoir de gymnasien. D'abord,

le CO₂ et l'hydrogène sont transformés à l'aide de deux catalyseurs en acide formique et méthanol, qui se combinent en formiate de méthyle. Ce fluide est ensuite reséparé en acide formique et en méthanol liquides via un troisième catalyseur. La difficulté de l'opération réside dans les interactions entre les deux premiers catalyseurs, explique Philipp Rudolf von Rohr. L'ingénieur teste différentes variables telles que pression, température, durée et rendement. Le produit visé, l'acide formique, fait aussi de la résistance: il n'existe pas de méthode simple pour estimer les quantités générées par une réaction. «La mesure n'est pas triviale», confie-t-il.

«Sans interdisciplinarité, c'est impossible.»

Philipp Rudolf von Rohr

L'équipe zurichoise - des ingénieurs et des chimistes - ne travaille pas isolément. «Ce genre de problèmes ne peut être résolu que de manière interdisciplinaire», souligne Philipp Rudolf von Rohr. Quatre groupes de recherche sont à l'œuvre: des spécialistes de la catalyse, ceux de l'analyse chargés de constater ce qui «sort finalement des réactions», les chimistes étu-

dient ce qui se passe sur le catalyseur et, enfin, le groupe de Philipp Rudolf von Rohr construit les appareils, les exploite et les améliore. «Sans interdisciplinarité, c'est impossible.»

«Ce projet mérite d'être soutenu ne serait-ce que parce qu'il va dans le sens d'un cycle énergétique neutre en CO₂», commente Reto Holzner de Silent-Power, une société qui commercialise des générateurs électriques fonctionnant au méthanol. Il estime que des difficultés pourraient provenir des multiples catalyseurs et des hautes pressions, potentiellement problématiques dans les plus grands dispositifs. Les connaissances acquises dans ce projet sont importantes pour la place économique suisse, dit-il: «Sinon, nous serons bientôt dépassés.»

Dölf Barben est journaliste au quotidien «Der Bund».

Monica Morales Masis



Des scientifiques ont pu fabriquer des électrodes transparentes (au premier plan) avec du zinc.

Des électrodes transparentes bon marché

Laisser passer la lumière tout en conduisant l'électricité: c'est la subtile propriété des écrans tactiles des smartphones. Une nouvelle version prometteuse d'électrodes transparentes vient d'être développée par une équipe de l'EPFL à Microcity, à Neuchâtel.

«Il n'existe pour l'heure que peu de matériaux pour les fabriquer au niveau industriel, explique Monica Morales Masis de l'EPFL. Le plus utilisé est un oxyde d'indium contenant quelques pourcents d'étain. Or, l'indium n'étant pas un élément disponible en quantité infinie, sa valeur va monter. Le prix des écrans tactiles pourrait croître un peu. Mais pour les cellules photovoltaïques - un autre domaine d'application de ces électrodes - il faut trouver une solution pour baisser les coûts.»

Une piste consiste à augmenter la quantité d'étain et remplacer l'indium par du zinc, plus abondant et moins onéreux. Mais mélanger oxyde de zinc et oxyde d'étain dans une même couche mince transparente n'est pas une sinécure. «Nous sollicitons les théoriciens, souligne le premier auteur, Esteban Rucavado. Grâce à des simulations, ils ciblent les défauts présents (le manque ou le surplus d'atomes, ndlr). Nous pouvons alors améliorer le matériau avec un traitement adapté. La microscopie permet ensuite d'ausculter la couche transparente à l'échelle du nanomètre pour vérifier les effets des améliorations et comprendre les propriétés fondamentales de ces matériaux.»

L'équipe de l'EPFL a montré que le mélange d'oxydes d'étain et de zinc est très stable en température - un gros avantage pour les applications solaires. A quand une utilisation industrielle? «Cela prend toujours un peu de temps, mais notre processus est facilement transférable», répond Monica Morales Masis. *Olivier Dessibourg*

E. Rucavado et al.: Enhancing the optoelectronic properties of amorphous zinc-tin oxide by subgap defect passivation: a theoretical and experimental demonstration. *Physical Review B* (2017)

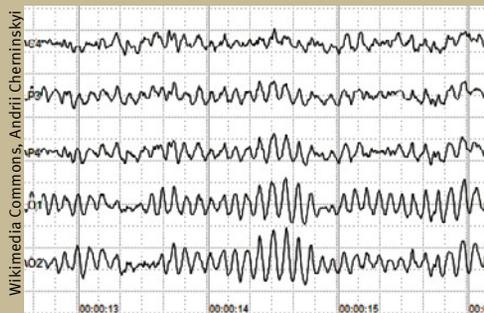
Du mind reading au speed reading

Une seule électrode pourrait suffire à contrôler par la pensée la vitesse de défilement d'un texte, suggère une expérience réalisée par Thomas Maillart. L'expert en systèmes complexes et cyber-risques de l'Université de Genève a enregistré des électro-encéphalogrammes (EEG) chez 33 participants à l'aide d'une seule électrode placée sur leur crâne. «Mes collègues neuroscientifiques sont plutôt sceptiques, indique le jeune chercheur, car ils utilisent en général des casques à EEG composés de dizaines d'électrodes, ou encore des scanners IRM.»

Au lieu de se focaliser sur les bandes de fréquences du cerveau traditionnellement étudiées (alpha, bêta et gamma), le chercheur a calculé l'entropie (une mesure du désordre) du spectre de fréquences de l'EEG. «L'entropie constitue l'une des manières les plus simples de compresser ces signaux complexes en une valeur unique et capture la variation de l'intensité de l'activité neuronale. Elle ne requiert pas de calibration individuelle, au contraire des bandes de fréquences.»

Dans l'expérience, la variation d'entropie de l'EEG détermine la vitesse de défilement d'un texte en temps réel. Trois quarts des participants ont réussi à la stabiliser en contrôlant leur activité neuronale. «Notre méthode pourrait en principe être utilisée dans un dispositif de lecture rapide, dans lequel le cerveau du lecteur contrôle directement la vitesse de défilement», avance Thomas Maillart. «Il s'agit d'une étude créative avec une approche différente de ce que l'on voit habituellement en neurosciences, mais elle est encore très préliminaire, commente Dimitri Van De Ville, professeur de bioingénierie à l'EPFL. L'entropie peut être stabilisée, soit, mais il reste à démontrer qu'elle reflète vraiment une fonction cognitive claire, comme la concentration.» *dsa*

T. Maillart et al.: Brain Speed Reader: A neuro-feedback apparatus to read fast and remediate multi-tasking (submitted, 2017)



Un électro-encéphalogramme permet de contrôler sommairement un ordinateur.



Cornel/Shutterstock

Chacun de nos pas crée une vibration dans le sol qui peut être détectée et mesurée.

Détecter les gens par les vibrations

Chaque activité humaine génère de petites secousses. Et s'il était possible d'en identifier certaines signatures à l'aide d'accéléromètres - autrement dit des capteurs de vibration? Un tel système de détection serait moins intrusif que les caméras et ne serait pas limité par des parois ou des angles morts. Ian Smith et son équipe ont testé un tel concept dans un bâtiment de l'EPFL, avec de premiers résultats encourageants.

La principale difficulté est de distinguer les vibrations induites par des personnes de celles produites par l'environnement: trafic automobile, canalisations ou encore machines à laver. La stratégie généralement adoptée consiste à déployer de très nombreux capteurs intégrés dans la chape de béton. «Cette approche ne nous semble pas économiquement viable, explique Ian Smith. Mais en couplant les données vibratoires avec un modèle numérique du bâtiment, nous améliorons la précision et pouvons limiter le nombre de capteurs.»

Les chercheurs ont modélisé un hall du campus de l'EPFL, en incluant des paramètres tels que l'épaisseur de la chape ou la configuration des murs. Quatre capteurs standard ont alors suffi pour détecter la présence de gens dans un espace de 200 mètres carrés. Le système n'a pas été trompé par la ligne de métro voisine ou les machines en activité dans les laboratoires.

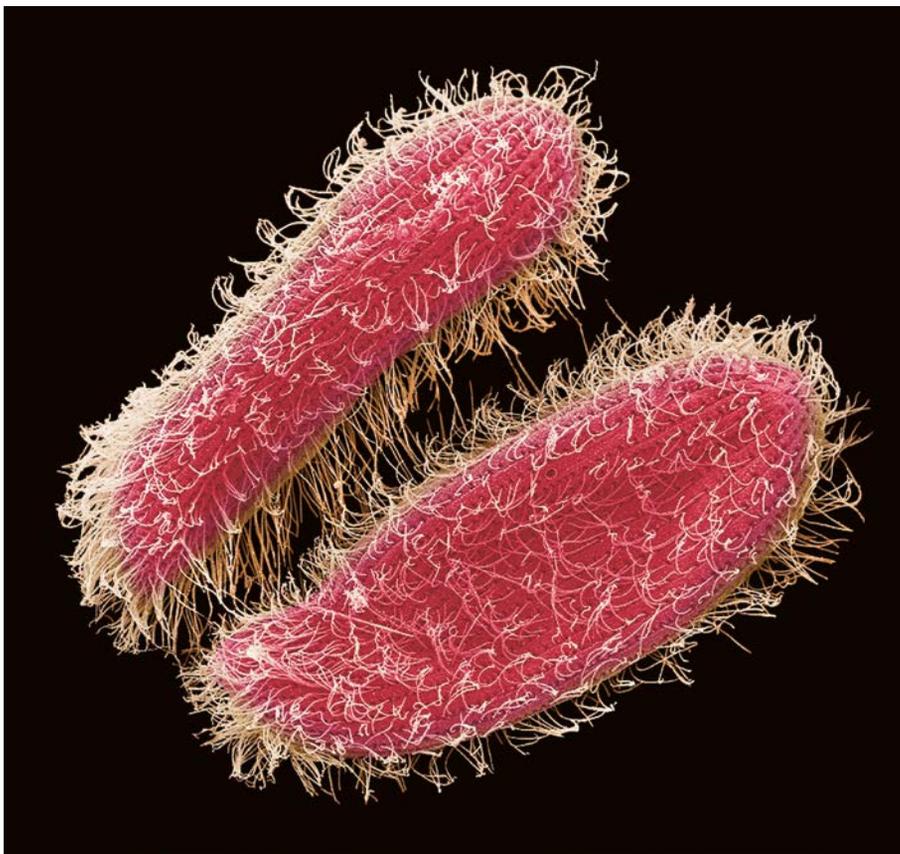
A terme, cette technologie pourrait s'avérer suffisamment précise pour détecter la chute d'une personne âgée ou estimer le nombre d'individus dans un espace donné. «Notre concept reste encore très expérimental mais il a un réel potentiel. Par exemple dans les EMS - où il est inconcevable d'installer des caméras dans chaque chambre - ou dans des espaces hautement sécurisés, comme une banque ou une joaillerie.» *Lionel Pousaz*

Y. Reuland et al.: Vibration-Based Occupant Detection Using a Multiple-Model Approach. *Dynamics of Civil Structures* (Springer, 2017)

Recyclage au pays des gènes

Une étude sur les paramécies montre que des séquences d'ADN apparemment inutiles ont de fait une fonction bien particulière: éliminer d'autres éléments indésirables.

Par Ori Schipper



Les paramécies – ici agrandies 500 fois – sont capables de se débarrasser de l'ADN poubelle, du matériel génétique inutile. Image: Keystone/Science Photo Library/Steve Gschmeissner

La plus grande partie du génome des organismes supérieurs est l'ADN poubelle, un rebut du matériel génétique ne contenant pas de code pour la fabrication de protéines. La science cherche encore les raisons de son existence depuis des décennies, en se demandant quel rôle biologique ces éléments non codants peuvent bien jouer.

L'équipe de Mariusz Nowacki à l'Institut de biologie moléculaire de l'Université de Berne a examiné comment les paramécies gèrent de telles séquences d'ADN, souvent considérées comme parasitaires. Le résultat semble plutôt paradoxal: elles utilisent expressément ces éléments pour s'en débarrasser. Autrement dit, les déchets servent à éliminer les déchets.

Deux noyaux cellulaires

Les paramécies – des êtres unicellulaires aquatiques – s'avèrent particulièrement intéressantes dans l'étude du rôle de l'ADN non codant parce qu'elles possèdent deux types de noyaux cellulaires. Le petit, appelé micronucleus, héberge la lignée germinale du génome, qui est destinée uniquement à la reproduction sexuée et non pas à la fabrication de protéines. Il fourmille d'ADN poubelle.

Le second noyau, le macronucleus, contient plus de 800 copies du génome. Elles sont optimisées pour les besoins immédiats de la paramécie. Afin de produire le macronucleus, le matériel génétique de l'unicellulaire est à la fois multiplié et élagué. Ces copies constituent une formulation épurée de tous les gènes de la paramécie, d'où les éléments non codants sont écartés. Néanmoins, ces copies optimales s'avèrent instables à terme. «C'est pourquoi les paramécies se reproduisent de temps à autre de manière sexuée, afin de générer un nouveau macronucleus», explique Mariusz Nowacki. Des résidus génétiques indésirables doivent donc être à nouveau éliminés.

Jusqu'à présent, les scientifiques supposaient que les unicellulaires le faisaient en coupant ces éléments d'ADN non codants avant de les détruire. L'équipe de Mariusz Nowacki a montré que c'était faux et que les paramécies «recollent ensemble les fragments écartés afin de former des boucles et des rubans». La lecture de ces assemblages par l'appareillage génétique de la paramécie génère des modèles de recherche capables d'identifier et d'écartier les autres éléments parasitaires apparaissant dans ce matériel héréditaire en pleine

démultiplication. Le processus s'auto-alimente: chaque séquence permet d'identifier d'autres éléments parasitaires et de créer ainsi de nouveaux assemblages.

Ce type de mécanisme – intercepter des éléments génétiques indésirables pour en chercher d'autres – a également lieu dans les cellules des animaux et des plantes, qui peuvent ainsi désactiver ou neutraliser certaines parties de leur génome. Ce processus pourrait jouer un rôle important dans la protection du matériel génétique contre les éléments parasitaires.

Cette vue est partagée par Rebecca Zuffall, spécialiste du génome de la paramécie à l'Université de Houston. Elle loue le travail réalisé en Suisse: «Il livre un modèle clair et pertinent de boucle de réaction positive, qui tient bien la route compte tenu du double génome de l'unicellulaire.»

Ori Schipper travaille à la Ligue suisse contre le cancer et comme journaliste scientifique libre.

S. E. Allen, et al.: Circular Concatemers of Ultra-Short DNA Segments Produce Regulatory RNAs. *Cell* (2017)

Debout contre l'obésité

Un jogging hebdomadaire ne compense pas les effets d'un mode de vie passif, dit Abdul Dullo. Le physiologiste veut déterminer si nous pouvons brûler suffisamment d'énergie simplement en restant debout.

Par Florian Fisch



Une participante appuie sur une pédale toutes les trente secondes; la consommation d'oxygène permet de déduire la quantité de calories brûlées. Photo: Clemens Weber

Malgré bien des campagnes de prévention, près de deux tiers des adultes en Suisse sont désormais en surpoids. Ils s'exposent à des risques accrus de maladies cardiovasculaires, de diabète de type 2 et même de certains cancers. Nous sommes nombreux à tenter de brûler nos graisses superflues à travers le sport.

Un professeur de physiologie s'intéresse aux gens moins athlétiques. A l'Université de Fribourg, Abdul Dullo étudie la

consommation énergétique générée par des activités normales. «Jusqu'à présent, la plupart des recherches se sont concentrées sur les efforts intensifs qui nécessitent de 5 à 12 fois plus d'énergie que la position assise ou couchée. Mais nous ne dépassons que rarement le quadruple au quotidien.»

Ses expériences (voir «S'asseoir pour la science») montrent que nous utilisons déjà 10% d'énergie de plus en étant debout qu'assis, mais il s'agit d'une moyenne: cette différence ne s'observe que chez une personne sur quatre. «La quantité de calories consommées varie beaucoup en fonction des individus, et cela dans toutes les activités que nous avons examinées», explique Abdul Dullo. La raison ne réside pas seulement dans l'âge ou le poids des gens. Des écarts considérables sont aussi observables entre des personnes atteintes d'obésité.

Individualiser la prévention

L'équipe d'Abdul Dullo cherchait à comprendre l'origine de ces disparités pour la position debout. Une hypothèse était que les gens consomment plus de calories lorsqu'ils déplacent fréquemment leur poids d'une jambe à l'autre, mais l'étude menée l'a infirmée. «Pour brûler vraiment davantage d'énergie, il faut faire des pas entiers», indique le chercheur, qui espère que la compréhension de ces petites différences permette d'adapter la prévention aux besoins individuels.

A l'heure actuelle, les stratégies nationales en matière de santé atteignent difficilement les bonnes personnes, souligne Sigrid Beer, de l'Institut de médecine sociale et préventive de l'Université de Berne.

«Les mesures préventives doivent toucher les groupes de population qui ne sont pas encore concernés tout comme ceux qui n'ont pas conscience d'avoir un problème.» Ce n'est que lorsqu'un individu se retrouve en traitement que des changements individuels du comportement sont envisagés.

Un régime suivi par la mauvaise personne peut déboucher sur une prise de poids. Si la masse maigre d'une personne de morphologie normale diminue, son corps réagit par un programme d'économie d'énergie et de prise de poids, explique Abdul Dullo. Cela entraînera de plus une baisse du niveau de leptine, une hormone qui régule les réserves de graisse et l'appétit.

En attendant le régime parfait, le nombre de gens assis plus de huit heures par jour devant leur écran continue d'augmenter. «Notre activité corporelle quotidienne s'érode, s'inquiète Abdul Dullo. Nous cherchons à compenser cette tendance par le sport, mais faire un peu de jogging ne suffit pas si on reste ensuite assis toute la journée.»

Florian Fisch est rédacteur scientifique au FNS.

J. L. Miles-Chan et al.: Standing economy: does the heterogeneity in the energy cost of posture maintenance reside in differential patterns of spontaneous weight-shifting? *European Journal of Applied Physiology* (2017)

A. G. Dulloo: Collateral fattening: When a deficit in lean body mass drives overeating. *Obesity* (2017)

S'asseoir pour la science

Abdul Dullo calcule à l'Université de Fribourg la consommation d'énergie des activités quotidiennes. Au lieu de courir sur un tapis roulant comme le veulent nombre d'expériences, ses volontaires doivent déplacer leur poids d'une jambe à l'autre, une oscillation mesurée par des balances placées sous chaque pied. Dans d'autres tests, les sujets assis appuient avec les pieds toutes les 30 secondes contre une planche ou pédalent à basse résistance sur un vélo ergomètre.

Un masque de respiration quantifie la consommation d'oxygène, ce qui permet d'apprécier la dépense énergétique. Le rapport entre l'oxygène inhalé et le dioxyde de carbone exhalé renseigne si les calories brûlées proviennent plutôt de graisses ou d'hydrates de carbone. Un thermomètre de la forme d'une pilule ingéré par les volontaires transmet toutes les minutes la température régnant dans le tube digestif.



Incubateurs de maladies: les grands rhinolophes sont dotés d'un système immunitaire robuste et vivent en colonies, ce qui est propice aux mutations d'agents pathogènes. Photo: Keystone/imageBroker/Ivan Kuzmin

Des fabriques de microbes naturelles en pleine santé

Chauves-souris et chameaux constituent d'immenses réservoirs à virus. Du fait de leurs mutations fréquentes, ces derniers se transforment en agents pathogènes potentiellement mortels. *Par Stefan Stöcklin*

Les chameaux jouent dans le désert un rôle essentiel pour les transports. Mais ces animaux si appréciés constituent désormais une menace imprévisible pour l'homme en raison de microbes parfois dangereux. Leurs voies respiratoires hébergent des coronavirus susceptibles de déclencher des pneumonies fatales chez l'homme, comme le Middle East Respiratory Syndrome. Depuis la détection des premiers cas en 2012, le virus du MERS a contaminé 1642 personnes en Arabie saoudite, dont 41 ont succombé.

«Ce coronavirus représente une zoonose (maladie transmise de l'animal à l'homme, nldr) typique de celles que nous avons pu observer de manière répétée au cours des dernières années», note Volker Thiel, de l'Université de Berne et responsable de la virologie à l'Institut fédéral de virologie et d'immunologie (IVI). De nombreux agents pathogènes circulent sans se faire remarquer en passant par des animaux qui n'en souffrent pas. Mais de temps à autre, ils se transmettent par hasard à une autre espèce, par exemple l'être humain. Ils déclenchent chez le nouvel hôte des réactions parfois violentes qui, dans le pire des cas, s'avèrent fatales. Ebola, SRAS, MERS ou Zika font actuellement les gros titres, mais les zoonoses n'ont rien de nouveau, ainsi qu'en témoignent la rage, la peste, le sida ou encore la grippe aviaire.

Volker Thiel a été très sollicité lorsque de graves cas de syndrome respiratoire aigu sévère (SRAS) se sont déclarés dans le sud de la Chine à l'hiver 2002. Il a figuré parmi les premiers à obtenir des isolats du virus et à les séquencer. Les épidémiologistes ont rapidement identifié l'agent pathogène comme un coronavirus. La comparaison avec le patrimoine génétique de virus inoffensifs a également permis de découvrir des mutations qui avaient été nécessaires pour passer à l'humain. «Pour l'essentiel, il s'agit de molécules de surface capables de se lier fermement aux récepteurs des cellules pulmonaires humaines», explique Volker Thiel. Ils ont aussi pu constater comment elles affaiblissaient les signaux du système immunitaire.

Dangereuse diversité

«Un échantillon de sang animal ou humain contient des milliers de virus tous légèrement différents», poursuit le virologue. Avec un taux de mutation élevé, les nombreuses variantes d'un virus augmentent leurs chances de contaminer une autre espèce. Cette variabilité explique également un phénomène fréquemment observé: un virus s'adapte en général après des premières infections particulièrement virulentes et il s'affaiblit parce que le décès ra-

pide de ses hôtes contrarie sa prolifération. «Nous avons pu suivre cet affaiblissement lors des éruptions de SRAS ou d'Ebola.»

Dans le cas du SRAS, le virus a très probablement été transmis à l'homme lors de la préparation de la civette, un petit mammifère à la chair appréciée. Les coronavirus circulent dans de nombreux animaux, mais surtout chez les chauves-souris et les rongeurs, ont montré des travaux menés par Simon Anthony de l'Université Columbia à New York. L'équipe internationale a étudié les chauves-souris, les rongeurs et les singes de vingt pays d'Amérique latine, d'Afrique et d'Asie. Elle a analysé les génomes viraux présents dans les prélèvements tissulaires et a constaté que 10% des chiroptères étaient porteurs de coronavirus, contre moins de 1% chez les rongeurs et les singes, et présentaient une plus grande diversité de coronavirus. «Les chauves-souris constituent le principal réservoir de coronavirus», conclut Simon Antony.

Une chauve-souris sur dix est porteuse de coronavirus.

Cela s'explique en partie par leur système immunitaire solide qui tient en échec les virus qu'elles hébergent, mais également par la taille de leurs communautés. Des millions d'animaux peuvent vivre étroitement rapprochés, ce qui facilite les échanges de microbes. Les chiroptères forment de plus un groupe très large et varié. L'homme ouvre de nouvelles possibilités pour la propagation d'un virus lorsqu'il pénètre dans des régions inhabitées, par exemple dans les forêts tropicales d'Afrique ou d'Asie du Sud-Est.

Le rhume des chameaux

De fastidieux prélèvements d'échantillons dans les forêts vierges d'Afrique centrale ont indiqué que les chauves-souris roussettes sont à l'origine d'Ebola. Le SRAS et le MERS viennent également de chiroptères, des virus presque identiques ayant été retrouvé dans ces animaux. «Nous pensons que, dans le passé, le virus MERS a été transmis de la chauve-souris au chameau où il s'est installé depuis», explique Volker Thiel. Il se transmet maintenant régulièrement aux personnes vivant dans leur proximité. L'équipe bernoise a pu montrer que le coronavirus du MERS dispose de molécules de surface qui se lient bien avec les cellules pulmonaires. Des franchissements du chameau à l'humain analogues se sont apparemment déjà produits il y a des centaines d'années. Volker Thiel a récemment

identifié chez des chameaux des coronavirus très proches d'un microbe à l'origine des refroidissements chez l'homme, cela en collaboration avec Christian Drosten, l'un des codécouvreurs du virus du SRAS, aujourd'hui en poste à Berlin.

Il est probable qu'à l'époque de son passage à l'homme, ce microbe ait provoqué des infections mortelles et qu'il se soit par la suite affaibli. La comparaison entre le coronavirus trouvé dans les chameaux et celui des refroidissements livre de premières indications sur les étapes de son adaptation génétique. «Nous constatons des différences dans le génome mais n'en comprenons pas encore la signification», indique Volker Thiel.

Les chauves-souris ne sont pas les seuls porteurs d'agents pathogènes très menaçants. Les échanges entre les porcs, les oiseaux et les hommes engendrent régulièrement des souches éminemment dangereuses. Les scientifiques surveillent attentivement les nouveaux virus des gripes porcine (H1N1) ou aviaire (H5N1) qui représentent actuellement la plus grande menace, indique Christian Griot, directeur de l'institut fédéral IVI. Ces virus pourraient se propager très rapidement dans le monde entier.

Ce n'est pas encore le cas pour le coronavirus qui provoque le MERS, mais cela est de nature à changer. Chaque infection humaine offre au virus l'opportunité de s'adapter et d'infecter les voies respiratoires supérieures, ce qui ne lui réussit pas vraiment actuellement. «Il nous faudrait craindre une pandémie mondiale avec de nombreuses victimes s'il devait se transmettre plus facilement entre les gens», poursuit Volker Thiel. Empêcher de nouvelles flambées de la maladie s'avère toujours plus difficile. Entretemps, le virus MERS s'est fermement établi chez les chameaux de la péninsule arabique. De fiers vaisseaux du désert qui représentent peut-être également une bombe à retardement.

Stefan Stöcklin travaille au département de la communication de l'Université de Zurich.

— E. Kindler et al.: Early endonuclease-mediated evasion of RNA sensing ensures efficient coronavirus replication. *EPLoS Pathog* (2017)

V. M. Corman et al.: Link of a ubiquitous human coronavirus to dromedary camels. *PNAS* (2016)

Les neurones de la fuite

En contrôlant l'activité de neurones via la lumière, l'optogénétique ouvre de nouvelles pistes en neurosciences. Des biologistes veulent comprendre les mécanismes qui contrôlent la prise de décision en situation de danger. *Par Yvonne Vahlensieck*

Quand une souris croise le chemin d'un serpent, elle doit immédiatement opter pour le comportement lui offrant les meilleures chances de survie. Doit-elle se figer dans l'espoir de ne pas se faire repérer ou au contraire prendre la fuite au plus vite? Cette décision inconsciente dépend de nombreux facteurs: la distance à laquelle se trouve son ennemi, la présence d'une voie de fuite, son état de santé et ses expériences antérieures.

Un centre de décision important dans la réponse aux situations de peur se situe dans l'amygdale, une partie du cerveau dont la forme évoque celle d'une amande. «Les autres régions cervicales lui transmettent toutes les informations susceptibles d'influencer la réaction comportementale afin qu'elles y soient traitées», explique Andreas Lüthi. Avec son équipe du Friedrich Miescher Institute for Biomedical Research de Bâle, le neuroscientifique a examiné quels processus se déroulent alors dans le complexe amygdalien de la souris.

Danger artificiel

L'étude s'est notamment intéressée à la manière dont s'effectue le choix entre deux réponses diamétralement opposées: l'immobilité, passive, et la fuite, active. Dans une expérience, les scientifiques ont entraîné les souris à se figer lorsqu'elles entendaient un son pur, et à fuir dans le cas de sons complexes. Ils ont modifié les différents types de cellules nerveuses de l'amygdale par un procédé d'optogénétique afin que leur action soit inhibée par un rayon de lumière jaune, leur permettant de désactiver certains groupes et d'observer les répercussions sur le comportement des animaux.

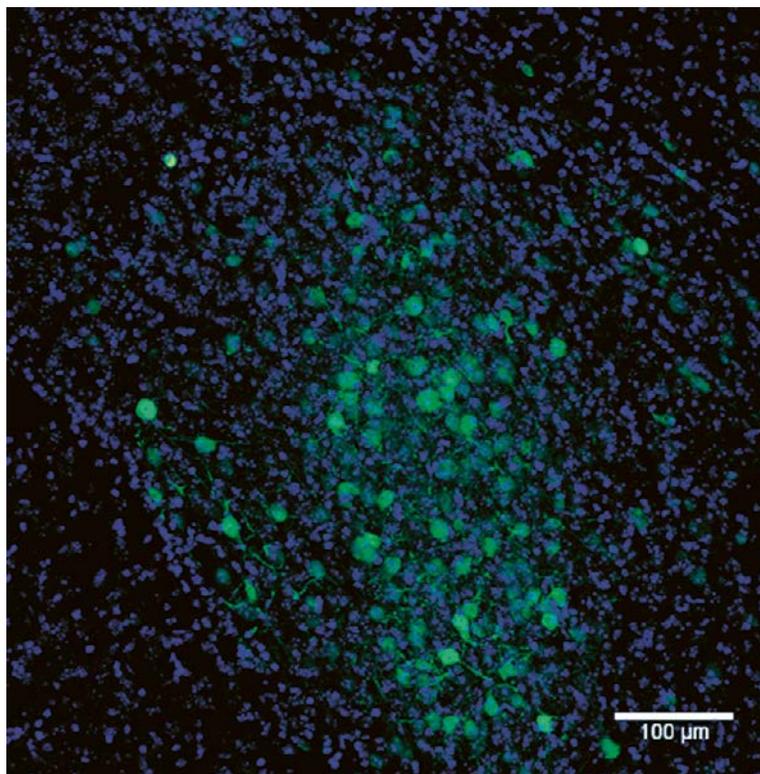
Les expériences ont montré que deux groupes de cellules nerveuses gèrent la réponse à la peur. L'un déclenche l'immobilité, l'autre le comportement de fuite. «Il semble qu'il se trouve un commutateur

dans l'amygdale», indique Andreas Lüthi. Les deux groupes sont étroitement reliés: l'activation d'une réponse bloque l'autre, ce qui permet d'éviter au complexe amygdalien d'envoyer des ordres contradictoires aux muscles.

«Dans cette situation, deux types de cellules nerveuses collaborent et donnent des ordres opposés pour déclencher une réaction de type tout ou rien», explique Fritjof Helmchen, codirecteur de l'Institut de recherche sur le cerveau de l'Université de Zurich, qui n'a pas participé à l'étude. «Elle représente l'exemple parfait de la manière d'étudier chez un animal éveillé quels composants d'un circuit neuronal jouent le rôle décisif dans une réponse comportementale particulière».

Activer les neurones qui immobilisent la souris inhibe ceux qui la font fuir.

Ce type de connaissances pourraient trouver des applications en médecine humaine au cours des prochaines décennies. De nombreuses maladies mentales sont dues à des dysfonctionnements des cir-



Les neurones en vert fluorescent, dénommés CRF+, déterminent si la souris prend la fuite ou non. Image: Fadok et al.

cuits neuronaux liés dus à de mauvaises connexions et perturbations des flux d'information.

Andreas Lüthi estime que ses résultats sont en principe transposables à l'humain: «La structure de l'amygdale a largement perduré au cours de l'évolution et sa construction reste semblable à celle de la souris. Chez l'humain, les troubles anxieux viennent souvent de la prédominance de ce vieux système et de difficultés à le contrôler.» Il souligne cependant que le comportement humain se montre beaucoup plus complexe et varié: «Les gens prennent souvent consciemment des risques plus grands pour découvrir quelque chose de nouveau et en tirer avantage, une stratégie qui s'avérerait plutôt mauvaise pour une petite souris.»

Yvonne Vahlensieck est une journaliste scientifique indépendante établie près de Bâle.

J. Fadok et al.: A competitive inhibitory circuit for selection of active and passive fear responses. *Nature* (2017)

Fotolia/cristovao31



Le lait maternel protège l'enfant, même après le sevrage.

L'allaitement prévient les bronchiolites chez les nourrissons

C'est un fait acquis: le lait maternel protège les nourrissons contre les infections respiratoires. Mais cet effet bénéfique persiste-t-il après le sevrage? Les études disponibles présentent des résultats contradictoires. «Leur méthodologie n'était pas optimale», commente Claudia Kühni, qui dirige une équipe de recherche à l'Institut de médecine sociale et préventive de l'Université de Berne. Elle a remis l'ouvrage sur le métier en analysant des données de la Cohorte respiratoire de Leicester (Grande-Bretagne).

Les chercheurs bernois ont analysé les dossiers de 4040 enfants entre 1 et 2 ans, en se penchant sur l'incidence de cinq infections respiratoires. Le risque de développer une bronchiolite était d'environ 25% inférieure chez les bébés nourris au sein pendant plus de six mois que chez les enfants non allaités, alors que les cas d'otites étaient réduits de 15%. Un effet protecteur n'a pas été observé pour les pneumonies, les refroidissements fréquents et le croup. «Cette différence s'explique par le fait que ces dernières pathologies sont rares chez les bébés et n'apparaissent souvent qu'après l'âge de six mois. Un éventuel effet protecteur de l'allaitement contre ces maladies aurait été difficile à démontrer avec les données disponibles», précise l'épidémiologiste.

Les résultats suggèrent que l'allaitement ne préserve pas vraiment des infections virales respiratoires en soi, mais de leur évolution sévère comme la bronchiolite. «Allaiter n'est pas la panacée, mais reste une bonne pratique qui doit être encouragée. Pour moi, ce vieux conseil demeure valide». *Elisabeth Gordon*

J. Wang et al.: Breastfeeding and respiratory tract infections during the first 2 years of life. ERJ Open research (2017)

Brasser du noir prédispose au déclin mental

Le «neuroticisme» - la tendance à éprouver de façon durable des états émotionnels négatifs tels qu'anxiété, dépression, stress ou colère - pourrait exposer à un risque accru de déclin cognitif. Plusieurs études cliniques suggèrent cette possibilité, et un travail récent montre un lien entre ce trait de personnalité et l'atteinte cérébrale en cause dans le déclin cognitif.

L'étude a été conduite au Centre hospitalier universitaire vaudois (CHUV) à Lausanne auprès de 97 patients âgés en moyenne de 67 ans. Un tiers d'entre eux accusaient un déclin cognitif léger, les autres en étaient indemnes. Les résultats indiquent que la tendance à vivre des émotions négatives est associée à la présence d'un déclin cognitif léger. L'imagerie cérébrale par résonance magnétique (IRM) a révélé de plus que le neuroticisme est avant tout associé à une atrophie du lobe temporal médian, en particulier de l'hippocampe, une région qui joue un rôle central dans la mémoire.

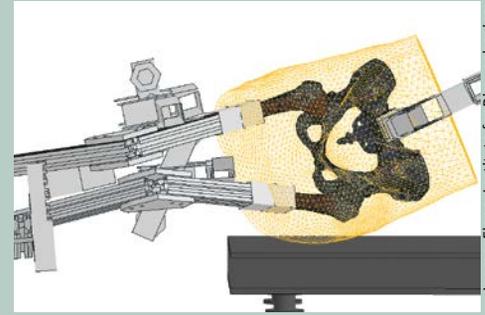
Quels pourraient être les mécanismes neurobiologiques en jeu? Une hypothèse est avancée: «Le neuroticisme est une situation très prolongée de stress et d'anxiété, explique Armin von Gunten du CHUV, principal responsable de l'étude avec son collègue Ferah Kherif. Il entraîne une libération de neuro-hormones tels que des glucocorticostéroïdes, qui sont neurotoxiques à long terme. Ces molécules diminuent la neurogenèse et la synaptogenèse.» Le neuroticisme constitue-t-il aussi un facteur qui accélère l'évolution du déclin cognitif vers une maladie d'Alzheimer? «C'est l'une des questions que nous allons continuer à examiner en suivant des cohortes prospectives de patients», répond le psychiatre. *Florence Rosier*

V. Zufferey et al.: Neuroticism, depression, and anxiety traits exacerbate the state of cognitive impairment and hippocampal vulnerability to Alzheimer's disease. *Alzheimer's & Dementia* (2017)

Keystone/Science Photo Library/Claus Lunau



Les personnes éprouvant des émotions négatives ont un hippocampe (en bleu) plus petit.



Ingmar Fleps, Institute for Biomechanics, ETH Zurich, Switzerland

Les os vont-ils se briser? La simulation informatique tient compte de la physiologie individuelle.

Prédire l'impact des fractures de la hanche

Evaluer le risque de fracture du col du fémur se base généralement sur l'ostéodensitométrie, la mesure de la densité minérale de l'os. Celle-ci ne permet toutefois pas vraiment d'estimer avec quelle facilité l'os se brisera en situation réelle et si prendre des mesures préventives serait nécessaire. «Environ 70% des fractures de la hanche concernent des personnes qui ne souffrent pas d'ostéoporose», relève Benedikt Helgason, du Laboratoire de technologie orthopédique de l'ETH Zurich. Le risque de fracture ne dépend pas seulement de la densité des os, mais aussi de facteurs tels que la fréquence des chutes, la taille et le poids de la personne et, surtout, la quantité de graisse et de muscles qui enveloppent les hanches et peuvent amortir le choc.»

Sur la base de ces paramètres, Benedikt Helgason et ses collègues de l'ETH Zurich ont développé un procédé qui évalue les risques de manière plus fine que la méthode actuelle. Ils ont analysé en détail les processus biomécaniques des chutes latérales et modélisé comment le choc se diffuse dans le fémur, quelles lignes suivent les fractures et comment cette dynamique est influencée par les particularités anatomiques individuelles. Les scientifiques testent désormais leur modèle sur 1200 personnes âgées, pour lesquelles une fracture peut souvent se traduire en situation de dépendance, voire s'avérer mortelle. «Nous sommes impatients de voir si notre méthode sera validée dans ce groupe, relève Benedikt Helgason. Nous espérons obtenir une réponse en 2017 déjà.» *Nicola von Lutterotti*

I. Fleps et al.: Understanding the Mechanics of Hip Fractures: The Load Transfer through the Hip during Simulated Sideways Falls (submitted)
I. Fleps et al.: Sideways fall pendulum impactor: A dynamic setup to study hip fractures (submitted)

Un anthropologue au Burning Man

Graham St John étudie les cultures alternatives, des rave parties aux mouvements psychédéliques. Il s'est rendu à cinq reprises au festival Burning Man, dans le désert du Nevada, et examine son développement en Europe.

«Burning Man est souvent présenté de manière erronée dans les médias comme un festival de drogues hippie néo-païen. En réalité, cet événement artistique et pyrotechnique annuel s'est transformé en une communauté transnationale très sophistiquée sur le plan organisationnel et social.

Aujourd'hui, 65 manifestations régionales dans 30 pays adhèrent officiellement aux principes du Burning Man Project. Mes travaux se concentrent sur l'Europe, la région où le mouvement se développe avec le plus d'ampleur hors d'Amérique du Nord. Le festival Nowhere à Saragosse, en Espagne, est le plus ancien en Europe. Et Midburn, en Israël, celui qui grandit le plus rapidement, avec plus de 10 000 participants en 2017. Des manifestations plus petites en France, en Suisse et en Suède constituent également des interprétations fascinantes du prototype. Ma recherche consiste à suivre ces événements, à les analyser avec une approche ethnographique et à interviewer les leaders de la communauté. En tant qu'ethnologue, j'essaie de vivre l'expérience le plus possible et me porte volontaire où je peux, par exemple au service de presse Media Mecca.

«L'expérience est cruciale: je n'ai pas de blouse de labo.»

Mes travaux ethnographiques sur les festivals alternatifs et les raves en Australie a influencé mon premier contact avec Burning Man. J'avais l'impression d'évoluer en terrain connu, mais Burning Man ne soutient aucune comparaison: c'est un assaut sur tous les sens. On m'a invité à participer à un campement appelé Low Expectations en 2003 et j'y suis retourné à chacune de mes visites. Plus récemment, j'ai aussi rejoint celui de Blue Elephants. Ces gens sont devenus ma famille, ma tribu. La municipalité temporaire de 65 000 personnes comprend des centaines de camps autogérés similaires.

Même si la manifestation demande beaucoup d'organisation, l'expérience est intuitive et interactive. Vous pouvez marcher quelques mètres dans n'importe quelle direction et tomber sur quelque chose de différent. Des actes de gentillesse,

des dons, de la beauté. Une personne vous approche avec un plateau de bacon croustillant, et quelques minutes plus tard, vous faites du patin à roulettes dans le désert ou vous vous émerveillez devant une installation illuminée de 20 mètres de haut.

Vivre l'événement

Même en tant que chercheur, il est impossible de rester en retrait. J'aime beaucoup la science. Mais j'apprécie aussi le fait d'être membre d'une communauté. Mon projet comprend des éléments quantitatifs, principalement des données récoltées lors de deux sondages, mais c'est avant tout un travail qualitatif. J'approche l'écriture comme une forme d'art - peut-être un art perdu des sciences sociales. L'objectivité pure n'existe pas. L'expérience passe au premier plan; je ne porte pas de blouse blanche de laboratoire. L'anthropologie nécessite toutefois une certaine distance. Il faut adopter une approche critique, être conscient de soi-même et accepter les remarques de ses collègues. Récolter les points de vue du plus grand nombre d'intervenants possible, lire beaucoup et développer un mécanisme de codage acceptable pour les données des enquêtes et des interviews permet aussi de trouver la bonne distance.

Notre étude est la première sur ce mouvement global. Elle porte sur sa diasporisation et sur l'adaptation de ses dix principes en Europe. Avant de m'y rendre sur place, je planifie la logistique et des rencontres. Il y a plusieurs événements programmés, comme la mise à feu de grandes installations, du volontariat, contribuer à des projets artistiques ou rencontrer les artistes pour des entretiens que j'enregistre. Je me promène à vélo, visite les sites et me retrouve à avoir de grandes conversations avec des inconnus. Je prends la plupart de mes notes après coup.

Beaucoup de rencontres ne sont pas prévues. J'ai par exemple eu une vraie révélation avec No-One's Ark, une réplique de l'arche de Noé de 10 mètres de haut sur 50 de long. Je ne savais pas du tout à quoi ressemblait cette installation avant de la voir par hasard alors que je me promenais à travers Midburn City lors de ma première nuit sur place en 2016. Je suis entré et me suis couché dans un bain sonore expérimental, avec le bruit des vagues, comme à bord d'un vrai bateau. J'étais aussi là au moment de sa mise à feu, à la fin du festival, au milieu de tous les participants.

Le phénomène se répand à travers le monde et se voit adopté jusque dans les endroits les plus reculés. La destruction par les flammes d'œuvres artistiques créées en commun répand les graines culturelles de ce mouvement.»

Propos recueillis par Clare O'Dea



Graham St John est Senior Researcher à l'Université de Fribourg, où il travaille avec le professeur de science des religions François Gauthier. Il a effectué son doctorat à l'Université de La Trobe, à Melbourne, et a publié huit ouvrages sur les cultures alternatives.



Chaque fin août, le désert de Black Rock au Nevada accueille le festival du Burning Man. Avec ses installations spectaculaires telles que le Temple (ci-dessus) et le Poulpe mécanique (ci-contre), la rencontre mêlant art, contre-culture et autogestion attire jusqu'à 65 000 participants, y compris quelques rares sociologues.

Photos: Graham St John. Portrait: Michael Urashka





Dans l'œil de la police et dans celui de la justice: citoyens et juges condamneraient un chauffard récidiviste à la même peine.

Photo: Keystone/imageBroker/Jochen Tack

La main pas si légère de la justice

Les Suisses trouvent les jugements de nos tribunaux trop laxistes, assènent hommes politiques et médias. Une étude prouve le contraire. *Par Julia Richter.*

Lucie, Adeline, Marie: ces trois assassinats commis par des récidivistes ont bouleversé l'opinion publique et attisé les critiques à l'encontre du système pénal suisse. Mais les reproches envers une justice trop laxiste ne sont pas récents et ont déjà eu des répercussions politiques, avec l'adoption d'initiatives populaires pour autoriser l'internement à vie de certains délinquants sexuels ou pour rendre imprescriptibles les actes de pornographie infantine.

L'impression qui domine, c'est celle que les Suisses sont en désaccord avec leur justice pénale. En effet, ils répondent par l'affirmative lorsqu'on leur demande si les jugements des tribunaux sont - de manière générale - trop indulgents. Mais la réponse devient bien plus nuancée si la question est appliquée à des cas concrets. C'est la conclusion à laquelle arrive André Kuhn, professeur de criminologie et de droit pénal à l'Université de Neuchâtel.

Depuis l'an 2000, André Kuhn a interrogé à trois reprises un échantillon de population et de juges. Il a demandé aux participants comment ils sanctionneraient un chauffard, un cambrioleur, un violeur et un banquier criminel (voir «Extrait de justice citoyenne», ci-contre). Le sondage a abouti à des résultats surprenants: dans trois des quatre cas, 60% des citoyens interrogés ont rendu une sentence moins sévère que les juges, ou identique. Ils ont infligé des

peines plus lourdes uniquement au violeur. Si certains ont adopté une approche très répressive et ainsi tiré la moyenne des peines vers le haut, une majorité s'est montrée plus clémentine que prévu. Ces conclusions suggèrent que le système pénal est largement en accord avec la volonté populaire.

Récupération politique

«Ces résultats peuvent étonner lorsqu'on considère le contexte politique et médiatique où l'on évoque régulièrement une justice laxiste qui «chouchoute les criminels», analyse Martin Seelmann, qui écrit une thèse sur la fixation des peines à l'Université de Zurich. Cependant, d'autres études montrent également que la population distribuerait des sanctions moins sévères.» Malgré cela, les politiciens se réfèrent volontiers à la présumée dureté de la population en matière pénale afin de se profiler comme défenseurs de la loi et de l'ordre. «L'adoption d'initiatives qui durcissent le droit pénal s'explique aussi par l'inflation politique et médiatique qui attise les peurs de la population.»

«Nous n'avons pas de tribunaux du peuple, et cela pour de bonnes raisons.»

Martino Mona

Des recherches similaires menées dans d'autres pays confirment les résultats de l'étude. Ainsi, les Britanniques jugent leur système judiciaire trop laxiste lorsqu'ils sont interrogés sur le sujet de manière générale. Mais lorsqu'il s'agit de fixer une peine pour un cas concret de vol, leurs décisions sont en grande partie en accord avec celles des juges.

Le professeur de droit pénal à l'Université de Saint-Gall Martin Killias note lui aussi que les conclusions des travaux d'André Kuhn s'alignent avec d'autres résultats d'études empiriques sur la question de la fixation des peines. «La notion de justice de la population coïncide souvent avec la pratique judiciaire.» Il souligne toutefois que la recherche ne couvre la problématique que de manière partielle: le décalage

entre ces résultats et les discussions politiques sur un durcissement du droit pénal s'explique par l'unidimensionnalité des cas soumis aux personnes interrogées ainsi que par la brièveté de leur description.

Cet aspect est également critiqué par Martino Mona, professeur de droit pénal et de philosophie du droit à l'Université de Berne. «On ne peut pas proposer une analyse pertinente de la pratique dans la réalité en interrogeant les juges et la population sur des cas fictifs et raccourcis.» Les intuitions spontanées de la population face à des situations présentées de manière succincte ne correspondent en rien à la pratique juridique.

André Kuhn ne voit pas de grand problème: «Il s'agit ici de mettre la population dans la situation d'un juge. Nous analysons la position de l'opinion publique vis-à-vis de la justice.» Un objectif qui selon lui peut très bien être atteint avec l'approche adoptée.

Suivre l'opinion du peuple?

La position critique de Martino Mona ne repose pas sur des objections méthodologiques. Il voit une difficulté fondamentale à introduire l'opinion publique comme ligne directrice pour apprécier l'équité d'une condamnation. «Il est contreproductif d'évaluer continuellement notre système de justice en examinant si les jugements rendus correspondent à la volonté de la population.» En procédant ainsi, on suggère que la position du public constitue un critère pertinent lors de la fixation des peines dans des cas particuliers. Pour Martino Mona, il s'agit d'une redondance inutile du pouvoir populaire. «Il y a de bonnes raisons pour lesquelles nous n'avons pas de tribunaux du peuple. Il existe de plus suffisamment de mécanismes démocratiques d'élections et de votations pour permettre à la population de définir les conditions cadres du système judiciaire.»

André Kuhn rétorque que le but de ces recherches n'est pas que les juges s'adaptent à la volonté du peuple, mais davantage de montrer aux personnes prétendant qu'une large part de la population considère le système comme trop laxiste qu'elles se trompent.» Face à ces résultats, aucun politicien ne peut s'appuyer sur l'opinion publique pour demander un durcissement

du droit, dit-il. Il regrette pour cette raison que les recherches scientifiques restent peu présentes dans le discours politique sur la justice pénale.

Julia Richter est journaliste indépendante.

A. Kuhn: La juste peine selon la population et selon les juges, Résultats d'une triple étude empirique. Tagungsband der Schweizerischen Arbeitsgruppe für Kriminologie (2017, à paraître)
M. Hough and J. Roberts: Sentencing Trends in Britain, Public knowledge and public opinion. Punishment and Society (1999)

Extrait de justice citoyenne

Pour sa recherche, André Kuhn a réalisé trois sondages: en 2000, 2007 et 2015. Il a demandé à la population et à des juges quelles peines ils fixeraient pour les quatre situations fictives suivantes:

- un chauffard récidiviste qui roule à 232 km/h sur l'autoroute
- un cambrioleur déjà condamné à plusieurs reprises
- un banquier qui détourne un million de francs
- un violeur.

La population a été interrogée par téléphone, les juges par écrit. Le nombre de juges consultés était d'environ 200 pour chacune des trois enquêtes. Celui des participants issus de la population a triplé pour atteindre 2000 en 2015. Lors des trois sondages, environ 60% de la population a rendu un verdict moins sévère que les juges dans les trois premiers cas présentés. Les peines les plus dures ont été attribuées lors de l'enquête de 2015, aussi bien par les juges que par la population. Les chercheurs n'ont constaté aucun rôle significatif de l'âge et du sexe des participants. En revanche, la population de Suisse latine a rendu des sentences plus sévères que celle de Suisse alémanique. Pour les juges, aucune différence n'a été constatée en fonction de la région linguistique.

Crise: les bébés des classes moyennes étaient les plus touchés

Les bonnes intentions n'engendrent pas toujours les meilleurs effets. Durant les périodes de crise de la Première Guerre mondiale, le jeune Etat social suisse a régulé les prix, rationné les denrées alimentaires et soutenu les plus pauvres. Mais ces mesures ont durement frappé la classe moyenne, indiquent les recherches d'Ulrich Woitek, professeur d'histoire économique à l'Université de Zurich.

Le poids de naissance des bébés de la classe moyenne baisse sensiblement en 1918 et 1919, des années particulièrement difficiles. C'est un signe que les futures mères souffrent de malnutrition. Les classes aisées sont épargnées, mais également les classes populaires, car elles reçoivent de l'aide.

Les chercheurs ont analysé le poids des nourrissons nés à la maternité de l'Hôpital de Bâle entre 1912 et 1920. Les données à disposition sont particulièrement pertinentes: elles prennent en compte 50% des naissances de la ville et sont associées au statut social des familles. Le chercheur se dit surpris que les chiffres aient montré avec tant de netteté que c'est justement la classe moyenne qui a souffert de la crise.

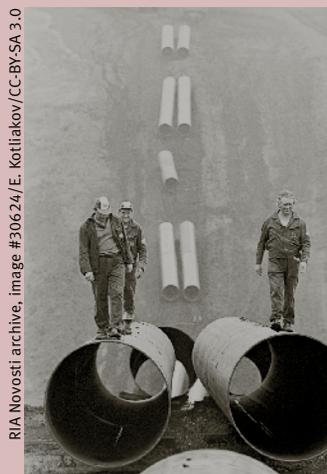
Quelle conclusion peut-on tirer de cette découverte? «Lier les mesures de soutien à une limite de revenu de manière trop stricte était une erreur», note Ulrich Woitek. L'Etat social a d'ailleurs voulu en tirer les leçons. A-t-on fait mieux durant la Seconde Guerre mondiale? Peut-être une question à explorer lors d'une prochaine recherche. *Claudia Wirz*

Joël Floris et al.: The Benefits of Intervention: Birth Weights in Basle 1912-1920. (University of Zurich, Department of Economics, Working Paper No. 236, 2016)

Joël Floris

Kindermehle Farines pour enfants		Brotmarken Coupons de pain rationnés	Mehlmärken Coupons de farine rationnée
Inhalt Contenance			
390	Bébé	250 (14 × 80)	200 (11 × 18,5)
350	Berna	350 (7 × 50)	250 (13 × 18,5)
375	Engler	500 (10 × 50)	375 (21 × 18,5)
	Epprecht	325 (6 × 50 + 1 × 25)	250 (13 × 18,5)
		225 (4 × 50 + 1 × 25)	166 1/2 (9 × 18,5)
			250 × 18

Les plus pauvres ont bénéficié de coupons de rationnement d'aliments – pas les autres.



En construction en 1976, le pipeline Soyuz acheminera du gaz de l'Oural vers l'Europe de l'Ouest.

Energie: des failles dans le Mur

Deux blocs séparés de manière rigide: l'image domine l'historiographie de la guerre froide. «Mais le rideau de fer était plus perméable qu'il n'y paraît», indique Jeronim Perović, professeur boursier FNS à l'Université de Zurich. L'historien étudie comment les ressources énergétiques russes influencent la structure du pouvoir international.

Ses recherches ont montré que le commerce de gaz et de pétrole a marqué les relations entre l'Union soviétique et l'Europe de l'Ouest durant la guerre froide. Ces transactions ont créé des dépendances qui subsistent jusqu'à aujourd'hui. Elles suivaient toujours le même schéma: du gaz et du pétrole soviétiques contre des technologies et des devises occidentales. A Moscou, ces échanges étaient tour à tour qualifiés de contribution à la paix mondiale et de pacte avec le diable. Les phases de commerce intensives alternaient ainsi avec des périodes d'isolement. «Mais dans l'ensemble, les intérêts économiques primaient», souligne le chercheur.

Les contrats pétroliers et gaziers ont aussi marqué les relations de Moscou avec les autres pays du bloc de l'Est. L'hypothèse selon laquelle ces derniers auraient été vampirisés par l'Union soviétique doit être révisée, estime Jeronim Perović. «Moscou leur a fourni du gaz et du pétrole bon marché durant des décennies. Lorsque les prix du marché mondial ont explosé dans les années 1970, ces échanges sont devenus déficitaires pour Moscou, et le ravitaillement des pays satellites en matières premières subventionnées s'est transformé en fardeau financier. La réticence croissante de Moscou à subvenir à ces besoins est d'ailleurs l'une des raisons du délitement du bloc de l'Est à la fin des années 1980.» *Nicolas Gattlen*

J. Perović: Cold War Energy. A Transnational History of Soviet Oil and Gas. London: Palgrave Macmillan. (2017)

Dompter les trolls des séances

Pour une majorité d'employés, quotidien rime avec séances sans fin. Et celles-ci sont souvent marquées par des incivilités variées. «Lorsque je dis que j'étudie scientifiquement les réunions professionnelles, il y a toujours quelqu'un avec une histoire de muflle à raconter», indique Cornelius König, professeur en psychologie du travail et des organisations à l'Université de Saarebruck.

Avec des collègues zurichoises, il a mené la première étude empirique sur les comportements impolis dans les séances de travail. Les scientifiques ont cherché à identifier quels types d'incivilités se produisent, ce qui les favorise et comment elles influencent le résultat des meetings. Conclusion: le manque de participation et les comportements interpersonnels inappropriés ont un impact particulièrement négatif.

En tout, les chercheurs ont interrogé 515 employés, toutes branches et tailles d'entreprise confondues, avec deux questionnaires en ligne. Davantage que le nombre de participants, réunir un groupe aussi divers que possible était une priorité, indique Cornelius König. «Nous voulions obtenir des témoignages qui ne se limitent pas à un type spécifique d'entreprise.» Pour constituer cet échantillon, les psychologues ont recouru à des moyens variés: recommandations personnelles, flyers, sites Internet, annuaires téléphoniques et listes d'alumni.

Les chercheurs ont pu dégager un résultat optimiste: les collaborateurs se comportent plus poliment lorsqu'il existe des règles de réunion bien définies, même si les normes varient fortement d'une entreprise à l'autre. *Luzia Budmiger*

I. Odermatt et al.: Incivility in Meetings: Predictors and Outcomes. Journal of Business and Psychology (2017)



Pour éviter les incivilités lors des séances, des règles claires sont nécessaires.

Valérie Chételat

Filtrer l'eau grâce au lait

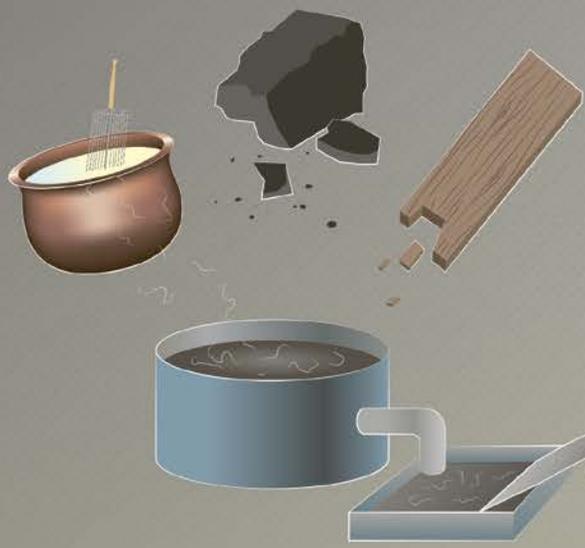
Une spin-off de l'ETH Zurich recourt à une protéine du petit-lait pour purifier l'eau contaminée par des métaux lourds.

Texte: Florian Fisch

Infographie: ikonaut

1 Un filtre à bas prix

Les protéines captent bien les métaux lourds tels que l'arsenic ou l'or. Sreenath Bolisetty et Raffaele Mezzenga de l'ETH Zurich en ont trouvé une source abondante dans le petit-lait, le résidu liquide de la production de fromage. Sa protéine principale, la beta-lactoglobuline, forme de longues fibres une fois chauffée. Les chercheurs les ont liées avec de la cellulose pour produire une membrane de l'épaisseur du papier. Ils ont aussi intégré du charbon actif pour retenir les molécules les plus grosses.



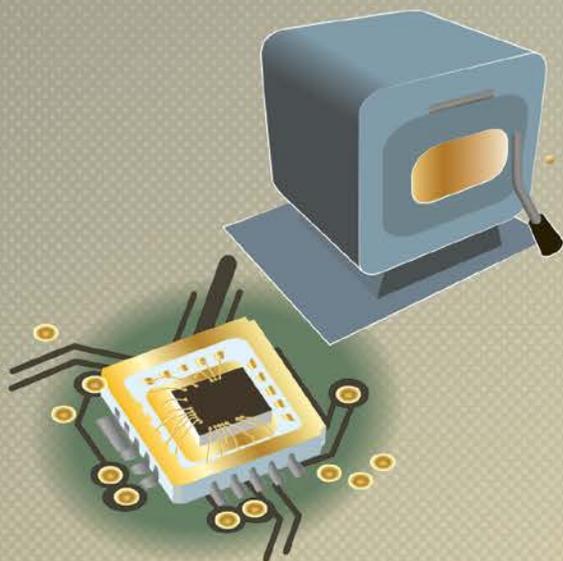
2 Des pores sur mesure

Avec ses fibres de protéines, la membrane retient plus de 99% des métaux lourds. Les pores sont assez larges pour que l'eau traverse le filtre sans pression additionnelle. Celui-ci peut donc aussi être utilisé dans les stations d'épuration des eaux. Avec des mailles plus petites, la membrane retient également bactéries et virus, ce qui est nécessaire pour la dépollution des eaux.



3 Récupérer des métaux précieux

La membrane doit être éliminée proprement une fois les fibres saturées d'atomes métalliques. Au lieu de la jeter dans une décharge de produits toxiques, elle peut être incinérée, ce qui concentre les métaux dans les cendres. Le filtre fonctionne pour tous les métaux lourds testés par les chercheurs. Leur spin-off Bluact commercialise les membranes pour l'épuration des eaux et pour la récupération des métaux. Ils ont breveté une méthode pour récupérer des nanoparticules d'or et extraire d'autres métaux.



S. Bolisetty and R. Mezzenga: Amyloid-carbon hybrid membranes for universal water purification. Nature Nanotechnology (2016)

Sur le terrain

Par Maurice Campagna

A l'époque où ABB s'appelait encore Brown, Boveri & Cie, les collaborateurs étaient déjà envoyés du Nord au Sud, d'Est en Ouest, d'Europe aux Etats-Unis et inversement. Après la fusion avec le Suédois Asea en 1988, le «mutual learning» d'égal à égal mené dans un autre environ-



Valérie Chételat

nement culturel et les «best practices» locales se sont hissés toujours plus haut dans la liste des priorités. Un grand nombre de multinationales de la finance ou de la pharma ont ainsi réduit les préjugés envers les autres cultures, tout en favorisant la confiance en de nouvelles entités nées de fusions. Au cours des trente dernières

années, la mobilité des employés a pris de l'ampleur dans tous les secteurs.

Les carrières de ces salariés nomades prennent souvent des tournures fascinantes, également dans d'autres cercles de la société tels que le monde académique. Un changement dans une nouvelle organisation est particulièrement enthousiasmant et plus facile à mettre en place lorsque les personnes concernées sont jeunes, surtout si elles n'ont pas encore de famille. Les obstacles grandissent par la suite. C'est la raison pour laquelle les stages sont très utiles, et pas uniquement durant les études.

A l'heure actuelle, j'observe des tendances contradictoires. Un marché globalisé et une communication libre, rapide et sans limite font face à des condi-

tions cadres détériorées pour les étudiants et les jeunes en formation. Depuis 2014, par exemple, la Suisse ne participe plus que de manière indirecte au programme européen pour la formation Erasmus Plus. Or, les échanges étudiants sont particulièrement pertinents pour les nouvelles générations de Suissesses et de Suisses marqués par le multiculturalisme.

«Les échanges étudiants sont particulièrement pertinents pour les nouvelles générations.»

Nous devons aborder ces défis avec nos voisins et nous organiser de manière commune. Une association complète de notre pays à ce programme au plus tard en 2021 serait nécessaire. Non seulement les portes vers les Etats-Unis et les proches pays européens s'ouvriraient plus facilement, mais également vers l'Est et l'Asie.

Maurice Campagna est président des Académies suisses des sciences.

18 septembre 2017

Manipulation des espèces sauvages

Symposium public sur les possibilités et les limites du forçage génétique, une technique controversée.

[Ittigen](#)

21 et 22 septembre 2017

Communiquer la science

Chercheurs et spécialistes de la communication se retrouvent au ScienceComm sous le mot d'ordre «Show Me Science».

[Soleure](#)

23 octobre 2017

Le journalisme scientifique à l'honneur

Les Académies suisses des sciences décernent les Prix Média.

[Lucerne](#)

7 et 8 novembre 2017

Shaping the Future of Mobility

La mobilité de l'avenir est le sujet de la conférence annuelle de l'European Parliamentary Technology Assessment.

[Lucerne](#)

Jusqu'au 19 novembre 2017

Transhumanisme

Alors que l'hybridation de l'homme et de la machine fait ses premiers pas, l'exposition «Corps-concept» interroge les visiteurs sur leur rapport à leur propre corps.

[Maison d'Ailleurs, Yverdon-les-Bains](#)

22 et 23 novembre 2017

Santé personnalisée

La Conférence suisse de santé publique 2017 examine la question de la santé personnalisée du point de vue de la santé publique.

[Bâle](#)

Jusqu'en juillet 2018

Une exploration de la conscience

L'exposition montre comment nos perceptions, nos illusions ou nos rêves émergent dans notre cerveau.

[Musée de la main, Lausanne](#)

Courrier des lecteurs

Précision de la rédaction: langue épïcène

Horizons attache de l'importance à éviter des formulations genrées du type «les chercheurs», susceptibles de donner l'impression d'exclure les innombrables chercheuses du pays. Tout en évitant les doubles formulations du type «les chercheuses et les chercheurs», nous privilégions des formulations neutres telles que «les scientifiques», «l'équipe de recherche» ou encore «les biologistes».

Tamiflu et acide shikimique

L'acide shikimique n'est pas le composé actif du médicament contre la grippe Tamiflu, contrairement à ce qu'affirme l'article «La route des épices et celle du charbon» (Horizons 113, p. 36). Le principe actif du Tamiflu, l'oseltamivir, peut être fabriqué à partir d'acide shikimique par une série de transformations chimiques.

[Matthias Weiss](#)

Une éthicienne à TA-Swiss

Corina Maria Steiner



Elisabeth Ehrensperger prendra le 1er novembre 2017 la direction du secrétariat de TA-Swiss, le centre de compétences des Académies suisses des sciences chargé de l'évaluation des choix technologiques. Elle succède à Sergio Bellucci qui prend sa retraite fin novembre après vingt ans d'activité. Elisabeth Ehrensperger est secrétaire générale de la Commission nationale d'éthique pour la médecine humaine. Auparavant, elle avait étudié le rôle des commissions nationales d'éthique dans les démocraties à l'Université de Zurich.

Guidelines pour les médecins

Les médecins peuvent s'appuyer sur des guidelines et des listes inspirées par l'approche «Choosing wisely». L'Académie suisse des sciences médicales a publié des recommandations sur la formulation de bonnes lignes directrices et sur les moyens de gérer les conflits d'intérêts dans leur élaboration.

Willy R. Gehrer président de l'ASST

SATW



L'Académie suisse des sciences techniques (ASST) a un nouveau président. Willy R. Gehrer a succédé en mai à Ulrich W. Suter qui l'a dirigée pendant six ans. Après un apprentissage d'électromécanicien et des études à la ZHAW et à la Haute école de Lucerne, Willy R. Gehrer a longtemps travaillé chez Siemens Suisse, en particulier comme directeur des domaines énergie et systèmes de transports.

Open Research Data: directives pour les requêtes de subsides

Le plan de gestion des données (Data Management Plan ou DMP) fait partie intégrante de la soumission d'une requête de subsides pour un projet de recherche dès octobre 2017. Le FNS a élaboré des directives détaillées sur les critères à respecter

lors de la rédaction d'un DMP. Un guide disponible en ligne donne également une liste de banques de données digitales non commerciales. Le FNS organise des ateliers pour favoriser les discussions autour de cette question entre les scientifiques qui demandent des subsides.

La recherche suisse en infographies

Le site du FNS présente des infographies interactives sur l'encouragement à la recherche énergétique en Suisse. Les animations montrent quelles institutions mènent des recherches dans les différents domaines. Sur p3.snf.ch, d'autres visualisations interactives donnent une image détaillée des activités d'encouragement du FNS: montants octroyés, noms des projets, disciplines scientifiques, instruments et instituts.

Probité dans la recherche



Avec le soutien des Académies suisses des sciences, le réseau All European Academies a élaboré un nouveau code de conduite européen pour l'intégrité dans la recherche. Il sera contraignant pour tous les chercheurs bénéficiant de subsides

des programmes-cadres européens de recherche et constituera un instrument de référence en Suisse.

A la recherche des meilleures thèses

L'Académie suisse des sciences naturelles récompense avec le Prix Schläfli les quatre meilleurs articles liés à un doctorat récent dans le domaine des sciences naturelles. Les candidatures peuvent être soumises en ligne jusqu'au 31 octobre 2017.

3200 projets soutenus par le FNS

En 2016, le FNS a soutenu 3200 projets de recherche auxquels ont participé plus de 14 000 scientifiques dans les universités, les hautes écoles spécialisées, les hautes écoles pédagogiques et le domaine des EPF. Le rapport annuel Profil 2016-17 présente de nombreuses statistiques tout comme des chantiers en cours, notamment dans l'open science.

Horizons

Le magazine suisse de la recherche paraît quatre fois par an en français et en allemand. Une version anglaise est disponible en ligne. 29e année, n° 114, septembre 2017. www.snf.ch/horizons

Editeur

Fonds national suisse de la recherche scientifique (FNS)
Wildhainweg 3
Case postale
CH-3001 Berne
Tél. 031 308 22 22
abo@snf.ch

Académies suisses des sciences
Maison des Académies
Laupenstrasse 7
Case postale
CH-3001 Berne
Tél. 031 306 92 20
info@akademien-schweiz.ch

Rédaction

Daniel Saraga (dsa), direction
Marcel Falk (mf), Florian Fisch (ff),
Pascale Hofmeier (hpa), This Rutishauser (tr)

Graphisme, rédaction photos

2. stock süd netthoevel & gaberthüel,
Valérie Chételat
Illustration éditorial: Gregory Gilbert-Lodge

Traduction

Sophie Gaitzsch, Olivier Huether

Correction

Jean-Pierre Grenon

Impression et lithographie

Stämpfli SA, Berne et Zurich
Climatiquement neutre, myclimate.org
Papier: Refutura FSC, Recycling, matt
Typographie: FF Meta, Greta Text Std

Tirage

37 380 exemplaires en allemand et
16 920 en français

© Tous droits réservés.

Reproduction possible avec l'autorisation de l'éditeur.
ISSN 1663 2710

L'abonnement est gratuit. La version papier est normalement distribuée en Suisse et, à l'étranger, à des organisations.

Les articles publiés n'engagent pas les éditeurs (FNS et Académies). Les projets de recherche présentés sont soutenus en règle générale par le FNS.

Le FNS

Sur mandat de la Confédération, le FNS encourage la recherche fondamentale et soutient chaque année, grâce à quelque 800 millions de francs, plus de 3200 projets auxquels participent environ 14 000 scientifiques. Il constitue ainsi la principale institution d'encouragement de la recherche scientifique en Suisse.

Les Académies

Sur mandat de la Confédération, les Académies suisses des sciences s'engagent en faveur d'un dialogue équitable entre la science et la société. Elles représentent la science, chacune dans son domaine respectif, mais aussi de façon interdisciplinaire. Leur ancrage dans la communauté scientifique leur permet d'avoir accès à l'expertise de quelque 100 000 chercheurs.

«Nous travaillons toujours
avec un pied sur le frein.»
Nataša Miškovic page 30

«Un peu de jogging ne suffit pas
si on reste assis toute la journée.»
Abdul Dulloo page 39

«Même comme chercheur,
il est impossible de rester en retrait.»
Graham St John page 44



En 1637, un oignon de la tulipe
Semper augustus pouvait coûter
le prix de deux maisons, ou
dix fois le salaire annuel d'un
artisan. La tulipomanie est
probablement la première bulle
spéculative de l'Histoire.