

البحث

研究

연구



La science vire à l'Est 10

Une Suisse à
plus cinq degrés 30

Biologie, Internet
et rock'n'roll 32

Leçons de
fin du monde 44

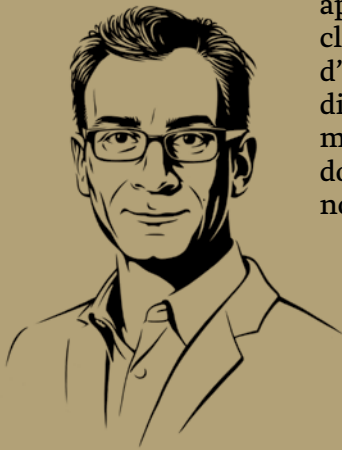
La science multilatérale

Une étude publiée sur douze provient désormais de Chine. La croissance de la production scientifique en Asie est sans précédent; elle bouleverse déjà l'échiquier mondial de la recherche.

Dans cette course à la connaissance, l'autoritarisme étatique de certains pays peut offrir des avantages: il permet la mise sur pied rapide de programmes nationaux d'envergure tels que la médecine personnalisée et le clonage en Chine, l'économie «créative» en Corée du Sud ou encore des instituts de technologie rutilants en Arabie saoudite.

Ces nations qui misent sur la science investissent massivement dans la R&D. Elles développent chacune leur propre stratégie pour accroître leur compétitivité. Certaines offrent des régulations souples pour les recherches en sciences de la vie. D'autres rapprochent institutions publiques et économie privée ou mettent l'argent sur la table afin d'attirer des chercheurs des meilleures universités mondiales et d'inviter ces dernières à ouvrir un campus offshore sur place. Autant de modèles qui confrontent l'Occident dans ses politiques de soutien à la recherche.

Ces nouvelles puissances scientifiques se focalisent encore beaucoup sur la recherche appliquée. Elles négligent largement les sciences humaines et sociales, et étouffent parfois les études critiques. Une telle approche utilitariste de la connaissance interpelle. Le «nous allons cloner un humain avant vous!» lancé par un chercheur chinois à la fin d'un dîner arrosé montre bien comment des considérations éthiques diamétralement opposées aux nôtres contribuent déjà au nouvel ordre mondial de la science. Face à cette situation inédite, notre réaction ne doit pas être condescendante, mais d'anticiper les conséquences pour nous d'une science globalisée et multilatérale.



Daniel Saraga, rédacteur en chef

horizons

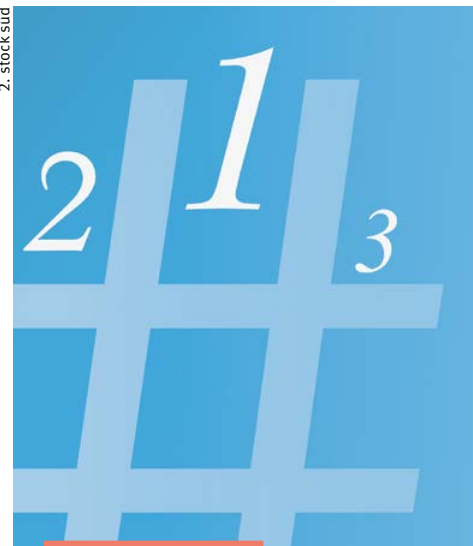


E



Point fort Asie

25



Science et politique

10

Le grand virage à l'Est

L'Asie vit un boom scientifique sans précédent. Publications, recrutement, infrastructures: l'Occident fait face à une nouvelle concurrence.

16

La créativité planifiée

La Corée du Sud rapproche industrie et universités pour doper ses capacités d'innovation.

20

L'essor d'un géant

La Chine attire les talents par des salaires compétitifs, des infrastructures à la pointe et des animaux de laboratoire en quantité.

22

Du pétrole et des idées

L'Arabie saoudite investit massivement dans ses universités de recherche. Son but: attirer chercheurs et instituts étrangers.

24

Le secret du succès

Changer d'institution pour effectuer son doctorat rend plus productif.

25

Cliquer pour la science

Les altmetrics mesurent l'impact des recherches sur les médias sociaux.

29

«Les problèmes sont sur la table»

Gerd Folkers dévoile ses plans pour le Conseil suisse de la science.

30

La vie dans une Suisse réchauffée

Cinq degrés de plus en 2100: des habitants nous décrivent l'avenir.

◀ Couverture: le mot est le même en arabe, chinois et coréen, et prend une importance croissante dans le monde entier: «Recherche». Image: 2. Stock süd

◀ Couverture intérieure: pour les carrières scientifiques, la boussole pointait jusqu'à présent presque uniquement vers l'Ouest. Le vent commence à tourner. Image: 2. Stock süd

32

Valérie Chételat



Biologie et médecine

32 **Le biologiste numérique**
Marcel Salathé traque les épidémies en ligne.

34 **Soleil, saucisses et cigarettes**
Comment l'OMS communique sur les risques de cancer.

36 **Inégaux face à la maladie**
Nos gènes influencent notre résistance aux infections.

37 **Des bactéries dans les boues d'épuration**
Les points faibles des tumeurs
Faucher les prairies asséchées

En image

6
Le métro, refuge ou tombe

Débat

8
Le glyphosate provoque-t-il le cancer?

38

Luca Zanier by Keystone



Environnement et technique

38 **Des médicaments produits en continu**
La pharma veut s'inspirer des processus de production de l'industrie pétrolière.

41 **Copier la photosynthèse**
Image d'un virus au nanomètre
Moteurs: moins de suie grâce à l'oxygène

Lieu de recherche

42
Recherche d'harmonie au Soudan du Sud

Comment ça marche?

49
Transplantation d'anticorps

44

Keystone/Everett Collection



Culture et société

44 **Les vertus de l'Apocalypse**
Les films catastrophe influencent notre prise de conscience environnementale.

47 **«La voie multilatérale est nécessaire»**
La complexité des négociations internationales ne doit pas générer trop d'incertitudes, selon Madeleine Herren-Oesch.

48 **Journal d'une mère**
Différences entre «aussi» et «anche»
Une déesse populaire et crainte

Verbatim

50
Le Parlement doit récompenser le risque

En direct du FNS et des Académies

51
Une nouvelle directrice pour le FNS





Entre la vie et la mort

S'agit-il de gens endormis ou de cadavres dans un charnier? Serrées les unes contre les autres, blanches et décharnées, ces formes humaines dessinées par Henry Moore dans ses célèbres «Shelter Drawings» de 1940/41 représentent des gens ayant trouvé refuge dans le métro londonien pour échapper aux bombardements des forces nazies. Le croquis n'éveille guère un sentiment de sécurité; il distille plutôt une atmosphère mortifère.

«Le métro est lié à la mort depuis qu'il existe», explique Benedikt Tremp, doctorant à l'Université de Lausanne. Dans le cadre du Pôle de recherche national «Mediality», il étudie sur la base de sources littéraires et d'images les manifestations pertinentes de l'esthétisation de ce moyen de transport moderne. Son statut social était et reste ambivalent depuis son essor au début du XXe siècle et son impact croissant sur des villes entières. Loué par ses partisans comme un symbole de progrès, vilipendé par ses détracteurs qui y voyaient un signe d'autodestruction sociale, le métro a ouvert un nouvel espace imaginaire: le déplacement sous terre.

Les dessins de guerre d'Henry Moore soulignent ce dilemme et symbolisent des sentiments contraires, explique le chercheur. Alors que les tunnels du métro londonien, construits plus en profondeur, ont effectivement sauvé des vies, ils se sont souvent mués en pièges mortels à Berlin. «Les tunnels étaient en partie directement situés sous l'asphalte. Ils se sont écroulés sous l'effet des bombes.» *hpa*

Photo: Tube Shelter Perspective: The Liverpool Street Extension, Henri Moore, 1941. Reproduced by permission of The Henry Moore Foundation

Le glyphosate est-il cancérogène?

Le glyphosate est l'herbicide le plus utilisé au monde. Son importance pour l'agriculture est reconnue, mais les scientifiques débattent intensément des risques qu'il pourrait représenter pour l'être humain.

Valérie Chételat et Biniam Ghezai (photomontage)



Oui

dit Christopher Portier,
chercheur en santé
environnementale.

Quel crédit accorder aux indications d'un risque de cancer plus élevé chez les personnes durablement exposées au glyphosate? La réponse implique trois composants: les études sur l'être humain, celles sur les animaux de laboratoire et celles sur l'existence d'un mécanisme moléculaire susceptible de déclencher la maladie.

La majorité des 26 recherches menées sur des humains exposés à des préparations au glyphosate n'ont établi aucune connexion avec le cancer. Mais parmi les neuf études qui ont analysé le lymphome non hodgkinien, quatre études cas-témoins montrent, une fois regroupées, un lien entre ce cancer et l'herbicide, auxquelles s'ajoutent deux autres travaux. Les études de qualité ont tenu compte de l'exposition aux autres pesticides et ont néanmoins confirmé ce résultat. Le lien se renforce de plus avec la durée de l'exposition. Cependant, l'influence d'autres facteurs n'a pu être exclue. La conclusion: les préparations au glyphosate ont un lien avec le lymphome non hodgkinien chez l'être humain, mais les preuves d'une causalité restent limitées.

Cinq études ont été conduites sur des souris. Toutes ont montré une croissance accrue de tumeurs sur au moins un site. Trois ont révélé le développement de tumeurs dans le foie, une pathologie rare chez cet animal. Deux ont dévoilé une augmentation des hémangiosarcomes (des tumeurs des vaisseaux sanguins, ndlr), tandis que deux autres ont fait apparaître une croissance des lymphomes malins. Neuf études ont été menées sur des rats, mais aucune n'a démontré d'effet, hormis le cumul de tumeurs bénignes. Conclusion: le glyphosate provoque diverses tumeurs sur les souris de laboratoire.

«Il existe un mécanisme par lequel le glyphosate provoque le cancer.»

Christopher Portier

Quant au mécanisme moléculaire, les données disponibles publiquement attestent que la substance endommage l'ADN dans des cultures cellulaires humaines et

animales ainsi que chez les animaux de laboratoire, mais pas chez les bactéries. Dans deux études, les préparations au glyphosate ont dégradé les cellules sanguines de personnes exposées. Dans des cellules humaines et non humaines, elles induisent des radicaux libres capables de détériorer l'ADN. Conclusion: il existe effectivement un mécanisme par lequel le glyphosate provoque le cancer.

Sur la base de toutes ces informations, il est raisonnable de conclure que le glyphosate et ses préparations sont, à un niveau d'exposition suffisant, probablement cancérogènes pour l'être humain.

Christopher Portier a dirigé le US National Institute of Environmental Health. Il habite en Suisse et est l'auteur de la lettre ouverte à la Commission européenne «Review of the Carcinogenicity of Glyphosate by EFSA and BfR», signée par 95 scientifiques.



Non

dit Jose Tarazona,
de l'Autorité européenne
de sécurité des aliments.

L'Autorité européenne de sécurité des aliments (EFSA) a récemment réexaminé le profil toxicologique du glyphosate et proposé de nouvelles valeurs toxicologiques de référence pour l'évaluation des risques. L'EFSA n'a pas confirmé sa classification comme «cancérogène probable» par le Centre international de recherche sur le cancer (CIRC).

Le CIRC considère qu'il existe «des preuves limitées sur l'être humain» d'un lien entre le glyphosate et le lymphome non hodgkinien. Pour sa part, l'EFSA estime que les preuves sont insuffisantes. Dans cette situation, les études sur les animaux de laboratoire sont décisives. Mais ici également, l'EFSA et le CIRC arrivent à des conclusions différentes.

Le CIRC a observé des tendances significatives dans les rapports sur des études sponsorisées par l'industrie. L'EFSA a examiné l'ensemble des recherches récentes sur la cancérogénicité sur l'animal, mais n'a trouvé aucune différence significative entre les groupes contrôle et les groupes témoin. En se penchant sur la pertinence biologique des fréquences observées, l'EFSA a noté que les tendances statistiques résul-

taient de biais induits par une toxicité secondaire à des doses excessivement élevées ou à des résultats dus au hasard.

«Les résultats en laboratoire n'ont pas montré de relation dose-effet.»

Jose Tarazona

Il est bien connu qu'une toxicité excessive peut affecter les réactions cancérogènes dans les essais biologiques. Elle peut provoquer des effets telle la mort cellulaire associée à une prolifération cellulaire régénératrice. Cela est susceptible d'entraîner le développement de tumeurs comme conséquence secondaire, sans lien avec le potentiel cancérogène intrinsèque de la substance à des doses plus basses et moins toxiques.

Les fréquences observées restent dans la fourchette historique relevée chez les animaux non soumis à la substance. Les résultats en laboratoire n'ont pas montré de relation dose-effet et n'ont pas pu être

confirmés par des études équivalentes à des doses similaires ou plus élevées. Par conséquent, en plus de l'absence de différences statistiques significatives avec les groupes contrôle, les fréquences de tumeurs observées manquent de pertinence biologique.

Selon l'EFSA, il est également peu probable que le glyphosate cause des dommages à l'ADN, ainsi que l'a confirmé un grand nombre d'études ne montrant pas d'effets. Cependant, des répercussions ont été signalées pour des préparations au glyphosate contenant d'autres ingrédients, et l'évaluation par l'EFSA d'un tensioactif utilisé fréquemment dans ces préparations a soulevé des inquiétudes. Face à cette situation, l'EFSA a recommandé des examens supplémentaires concernant la possibilité de dommages à l'ADN provoqués par des produits formulés.

Jose Tarazona est directeur de l'unité Pesticides de l'Autorité européenne de sécurité des aliments et vice-président de l'EU Scientific Committee on Health and Environmental Risks.



Université pour femmes EWha, Séoul. Photo: Keystone/Agence VU/Juan Manuel Castro Prieto

Orient-Express

Guerre des cerveaux,
infrastructures de pointe,
divergences éthiques:
l'envol de la recherche
asiatique met l'Occident
au défi.



Les nouvelles puissances de la science

Les pays asiatiques développent rapidement leurs infrastructures de recherche. Principaux défis à relever: se libérer d'une recherche trop planifiée et en augmenter la qualité.

Par Mohammed Yahia

En 2014, l'Inde réussissait à placer une sonde en orbite autour de Mars à son premier essai. Un an plus tard, le prix Nobel de médecine était attribué pour la première fois à une personnalité chinoise. Et l'Arabie saoudite inaugurait en 2009 l'université technique KAUST, dotée de 20 milliards de dollars. Autant de pays qui, il y a quelques décennies seulement, restaient dans l'ombre des grandes nations scientifiques.

L'Occident a dominé les sciences et la recherche depuis la Renaissance, mais ces deux dernières décennies ont été le témoin d'un changement spectaculaire. L'Orient, en particulier l'Asie, a fortement développé ses compétences technologiques et de recherche qui sont devenues l'un des moteurs de son succès économique. «En Chine, les cercles du pouvoir ont compris que les sciences mènent à l'innovation, considérée comme la meilleure recette pour élever le niveau de revenu de la population», note Pascal Marmier, directeur du consulat scientifique Swissnex China.

L'Inde et Singapour ont également mis en place des stratégies nationales ambitieuses pour se muer en économies du savoir. La cité-Etat vient d'annoncer une hausse de 18% de son budget pour la R&D en 2016 par rapport à la période 2011-2015. L'Arabie saoudite s'est lancée en 2008 dans un vaste programme pour se transformer en un leader des sciences en Asie d'ici à 2030 et ainsi diminuer sa dépendance économique au pétrole. Au cours des cinq dernières années, le pays a investi des milliards de dollars pour le développement d'universités et de centres de recherche de pointe.

Selon un rapport de Battelle, les dépenses publiques et privées pour la recherche et le développement atteignent 2,7% du PIB à Singapour et 2% en Chine, alors que le Qatar avait annoncé vouloir investir 2,8% dans la recherche. En comparaison, la Suisse y consacre 2,9%, les Etats-Unis 2,8%. «A Singapour, le fait que la National Research Foundation (NRF) est située dans les bureaux du Premier ministre montre à quel point la recherche est considérée comme un enjeu stratégique», souligne Peter Edwards, le directeur du Singapore-ETH Centre, un institut conjoint d'ETH Zurich et de la NRF.

Un plan quinquennal pour la science

Ce soutien contribue à développer les sciences, mais vient avec ses problèmes. Mettre en place des agendas nationaux et contrôler de près la recherche peut étouffer la créativité. Il y a trois ans, la Qatar Foundation a identifié les thèmes sur lesquels elle souhaitait se concentrer: santé, énergie, cybersécurité et approvisionnement en eau. Les chercheurs travaillant sur d'autres sujets ont alors exprimé leurs craintes de perdre leurs financements, et certains ont vu leurs propositions de recherche refusées, car elles ne correspondaient pas aux critères nationaux.

A Singapour, les opportunités de financement sont largement déterminées par les priorités économiques et stratégiques nationales, et laissent peu d'espace pour les recherches sans objectif clair. «Même les programmes qui visent à donner aux jeunes scientifiques prometteurs un haut degré de liberté sont attribués à des projets

ayant une utilité identifiable», indique Peter Edwards. Pour devenir un acteur majeur de la science, il faut que le pays laisse davantage de place à la recherche libre inspirée par la curiosité.»

«Le pouvoir a compris que les sciences mènent à l'innovation, la meilleure recette pour élever le revenu de la population.»

Pascal Marmier,
CEO Swissnex China

En Chine, la recherche fondamentale est financée majoritairement par le gouvernement. Les priorités sont arrêtées dans les plans quinquennaux, tandis que le secteur privé travaille avec les universités sur des projets de recherche appliquée à court terme.

Changer d'attitude

«Le défi consiste à réconcilier un environnement de recherche ouvert avec la manière dont le gouvernement fonctionne», indique Pascal Marmier, de Swissnex China. Un nouveau modèle de gouvernance en matière de financement, d'éducation et de gestion des universités est nécessaire pour renforcer le statut de la Chine dans les sciences et les technologies.» Peter Edwards, du Singapore-ETH Centre, considère que le problème réside plus dans l'attitude que dans les financements. «Sur la base

de conversations avec des personnes haut placées dans les universités, je dirais que les perceptions changent. L'idée qu'une recherche fondamentale initiée par les chercheurs est nécessaire rencontre une adhésion croissante.»

Pour un véritable changement, il faudrait que les décideurs soient persuadés de l'importance de la recherche fondamentale. En Arabie saoudite, les dirigeants soulignent qu'ils y restent attachés malgré leur volonté affichée de se focaliser sur la recherche industrielle. «Nous savons que nous devons beaucoup investir dans la recherche fondamentale, car il s'agit d'une composante importante de la création d'une culture scientifique», indique Abdulaziz Al-Swailem, de la King Abdulaziz City for Science and Technology (KACST).

Plus de liberté

La Chine a doublé ses dépenses pour la R&D entre 2009 et 2012, et pourrait dépasser les Etats-Unis d'ici à 2019, selon un rapport de l'OCDE de 2014. Mais tandis que le nombre de publications scientifiques a fortement augmenté en Chine, la qualité n'a pas suivi et reste en dessous de la moyenne mondiale (voir infographie «Le tigre se réveille», p. 14). «La nouveauté, c'est qu'il existe désormais des programmes qui examinent l'excellence et pas uniquement la quantité de la production», relève Pascal Marmier.

Le manque de liberté crée également un environnement susceptible de conduire à la fraude ou au plagiat, des maux qui affectent la recherche chinoise. En 2015, un éditorial du Lancet attribuait cette situation au système de promotion académique du pays, qui s'appuie fortement sur le nombre de publications. Le problème existe aussi en Arabie saoudite.

Les campus des universités occidentales dans les économies émergentes souffrent elles aussi du manque de liberté. La New York University Abu Dhabi a contribué à la croissance du nombre de publications dans les Emirats arabes unis, mais la majeure partie des recherches en question ont en réalité été menées à New York. En mars 2015, l'Université a fait l'objet d'une surveillance intense lorsqu'un chercheur du campus new-yorkais s'est vu refuser l'entrée sur le territoire des Emirats parce qu'il menait des recherches sur les conditions de vie et de travail des travailleurs migrants dans le pays, un thème peu apprécié du gouvernement.

«Singapour est très différent de la Chine en termes de transparence et dans sa manière de régler les affaires de fraudes ou de plagiat», indique Artur Ekert, directeur du Centre for Quantum Technologies de Singapour. Il souligne aussi que le pays offre davantage de libertés que ses voisins. «Je

suis sûr que Singapour est confrontée à des problèmes éthiques dans la recherche. Mais à ma connaissance, ils ne sont pas différents de ceux que rencontrent l'Europe ou les Etats-Unis.»

Rapatrier les cerveaux

Pour être durable, le développement scientifique a besoin de chercheurs de qualité. En Chine, le nombre d'étudiants de troisième cycle est passé de 280 000 en 2000 à 1,6 million en 2011. La majorité des étudiants étrangers aux Etats-Unis vient désormais de Chine (300 000 personnes), d'Inde, de Corée du Sud et d'Arabie saoudite. Un programme saoudien de bourses a permis à des centaines de milliers d'étudiants de partir dans des universités étrangères ces dernières années.

«Singapour doit laisser davantage de place à la recherche libre.»

Peter Edwards,
directeur du Singapore-ETH Centre

L'enjeu est désormais de fournir une infrastructure et des financements en mesure de convaincre ces scientifiques de rentrer dans leur pays d'origine, ainsi que d'attirer des chercheurs étrangers hautement qualifiés. En Chine, «un vaste programme offre d'importants financements à ceux qui reviennent ou aux chercheurs étrangers», relève Pascal Marmier. Avec succès: la Chine et la Corée du Sud sont les nations qui attirent le plus grand nombre de chercheurs des Etats-Unis. Le «brain drain» se transforme en «brain gain».

L'Arabie saoudite tente également d'attirer des chercheurs de renom en proposant des fonds et des équipements de pointe. «Nous devons tirer parti de l'expérience des instituts de recherche de premier plan», note Abdulaziz Al-Swailem, de KACST. Pour sa part, Singapour attribue des bourses à des étudiants pour les envoyer dans les meilleures universités étrangères, mais avec l'obligation de revenir travailler dans le pays pour un certain nombre d'années, note Artur Ekert. Le programme «Create» du NRF a mis sur pied un écosystème de recherche qui inclut des universités renommées telles que le MIT, l'Université de Cambridge, ETH Zurich ou encore l'Université technique de Munich.

Le défi consiste à convaincre un plus grand nombre de locaux de poursuivre une carrière scientifique. «Il s'agit d'un vrai problème, souligne Peter Edwards. Bien que Singapour produise d'excellents diplômés et leur offre de nombreuses opportunités

pour se lancer dans un PhD, il est très difficile de recruter des doctorants singapouriens.» Les jeunes diplômés préfèrent accepter un emploi sûr et bien rémunéré plutôt que de continuer des études pendant plusieurs années.

En Arabie saoudite, KACST essaie de stimuler l'intérêt des citoyens en traduisant des textes scientifiques en arabe. «Les jeunes constituent une large part de la population du royaume et ils affichent de l'appétit pour la science. Nous apprenons de nos erreurs pour développer le royaume de manière positive.»

Journaliste scientifique basé au Caire,
Mohammed Yahia est responsable éditorial de
Nature Middle East

Des partenariats avec la Suisse

Quatre pays d'Asie – Chine, Japon, Corée du Sud et Inde – font partie, pour la coopération scientifique, des 7 nations prioritaires du Secrétariat d'Etat à la formation, à la recherche et à l'innovation. Le Fonds national suisse a approuvé en 2015 une nouvelle série de projets communs avec la Corée du Sud ainsi qu'avec le Brésil et la Russie, et vient de lancer un programme avec le National Natural Science Foundation of China. «La Corée possède un grand potentiel, note Jean-Luc Barras, responsable de la coopération internationale du FNS. Nous essayons d'aligner les opportunités de soutien à la coopération bilatérale avec les besoins des chercheurs.»

Le tigre se réveille

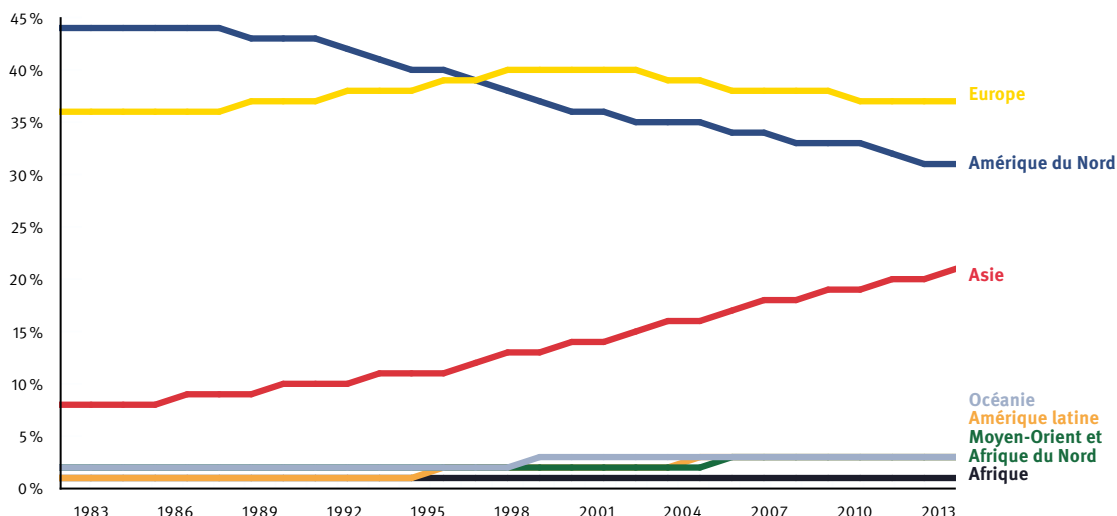
La recherche reste dominée par le monde occidental, mais se globalise fortement, notamment en Asie. La Chine bouscule déjà l'ordre établi.

L'essor de l'Asie

La proportion d'articles scientifiques impliquant des chercheurs d'Asie a presque triplé en trois décennies pour atteindre 21%. L'Europe a dépassé l'Amérique du Nord vers 1995 et semble stabiliser sa production. Le taux de croissance annuel des régions émergentes (Asie, Afrique, Amérique latine) s'élève à 8%. Le volume total des publications a triplé pour se fixer à 2,4 millions d'articles par an.

Méthode: décompte des instituts apparaissant dans la liste des co-auteurs. Source: Thomson Reuters (SCI, SSCI, A&HCI). Traitement: SEFRI.

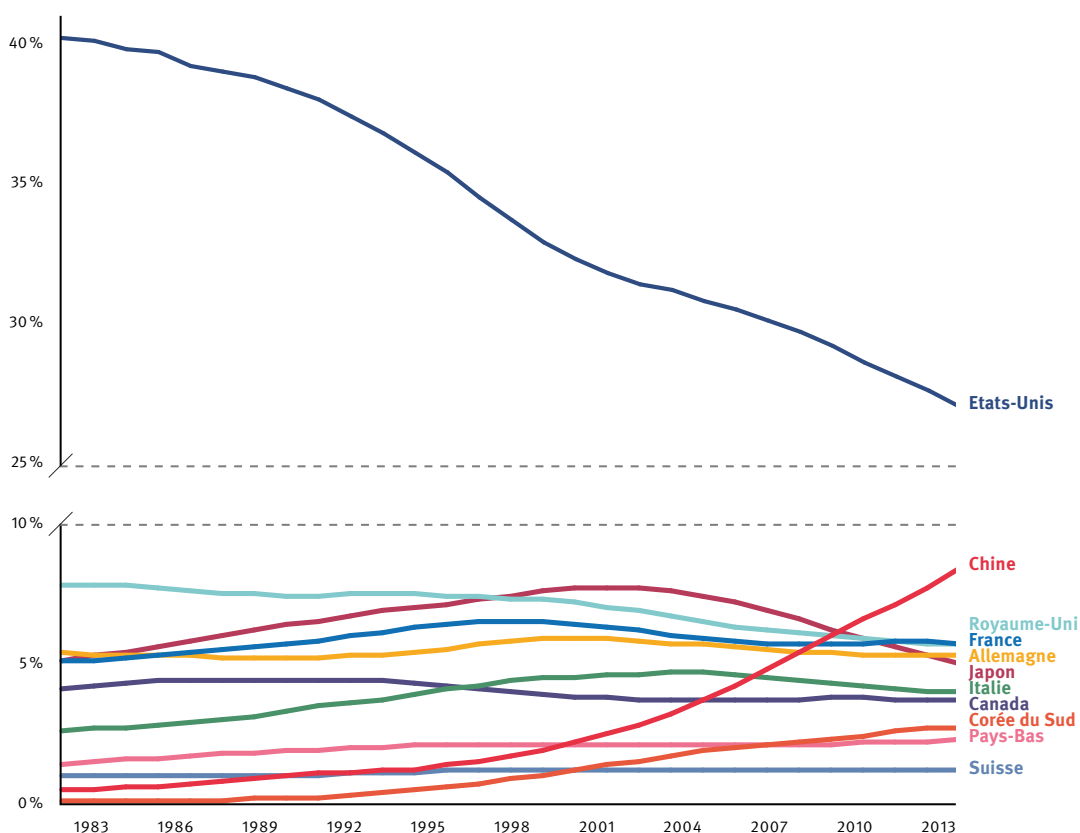
Part des publications scientifiques mondiales



Déclin de l'empire américain

La part mondiale des publications venant des Etats-Unis a chuté de 40% à 27% en trois décennies. La Chine affiche une croissance spectaculaire en passant de moins de 1% à 8%. D'autres pays, notamment la Corée du Sud, Taiwan, le Brésil, l'Inde, augmentent également leur production. La part de la Suisse reste très stable.

Part des publications scientifiques mondiales



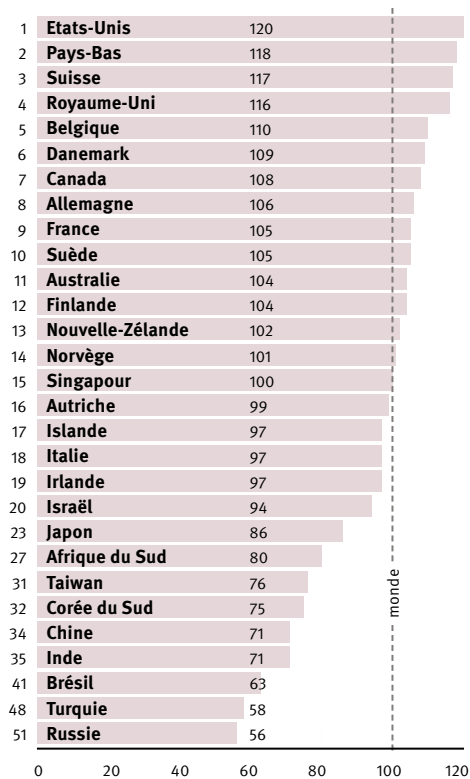
Qualité occidentale

Les Etats-Unis, les Pays-Bas et la Suisse produisent les recherches ayant le plus grand impact. Les pays émergents restent en dessous de la moyenne mondiale (100 points), mais ont très fortement progressé, notamment la Chine qui est passée de 30 à 71 points depuis 1981.

La Suisse produit depuis 2007 le plus grand nombre d'articles scientifiques par millier d'habitants (3,9), devant les pays scandinaves et, plus loin, les Etats-Unis (2,2). L'Asie reste peu productive, comme la Chine (0,16) ou l'Inde (0,04).

Méthode: l'impact tient compte du nombre de citations par article publié, normalisé par discipline. Chiffres: moyenne 2009–2013.

Impact des publications

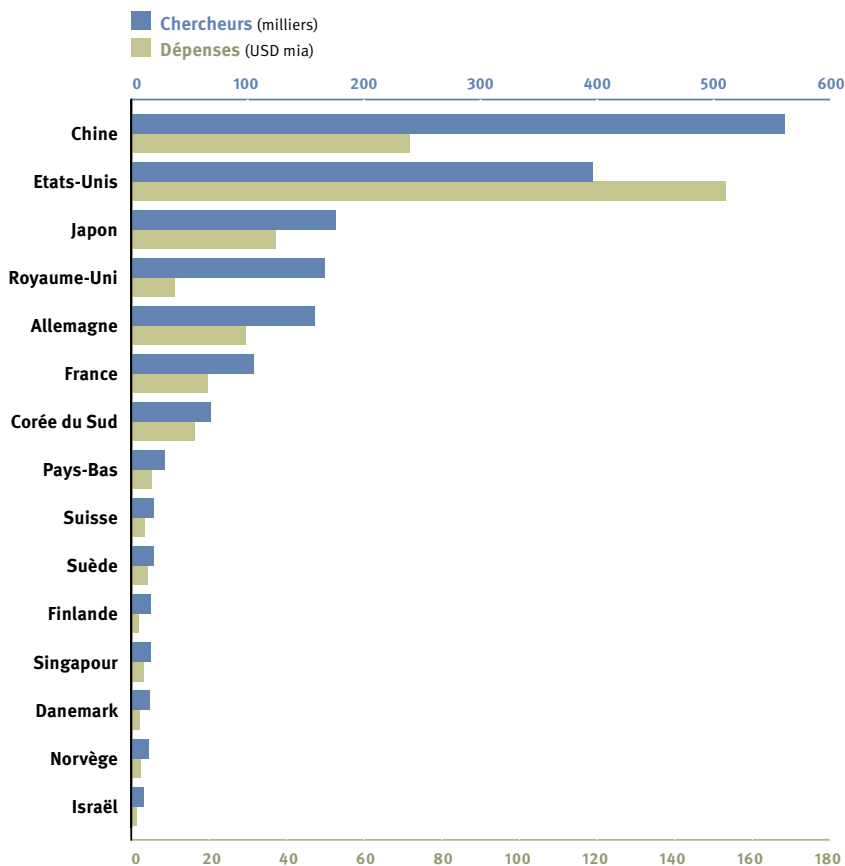


Les deux grandes puissances

Le gouvernement des Etats-Unis investit le plus dans la recherche et développement (R&D) avec 153 milliards de dollars par an, soit cinq fois plus que l'Allemagne et le double de la Chine. Mais celle-ci compte désormais plus de 1,4 million de chercheurs, soit davantage que les Etats-Unis. La Corée du Sud et Singapour sont les premiers pays émergents qui suivent.

Méthode: nombre de chercheurs (FTE) actifs dans la R&D hors secteur privé; dépenses du gouvernement pour la R&D (y compris dans les hautes écoles). Chiffres: 2012 et 2013.

R&D: chercheurs publics et dépenses de l'Etat



Corée du Sud

Dompter les chaebols

Les puissants conglomérats coréens ou «chaebols» dominent la recherche et développement du pays mais étouffent l'innovation.

Par Mark Zastrow

A son entrée en fonction en 2012, la présidente sud-coréenne Park Geun-hye prend la tête d'une économie qu'elle a promis de réformer. Le problème? Les énormes conglomérats – les «chaebols» – qui ont servi de moteur au développement du pays manquent de dynamisme en matière d'innovation. Pire: ils étouffent l'esprit d'entreprise.

Park Geun-hye s'engage à stimuler les start-up en développant une «économie créative». Son initiative se concrétise sous la forme de centres régionaux où les conglomérats travaillent main dans la main avec l'industrie et les instituts de recherche locaux pour soutenir les nouvelles entreprises. Depuis 2014, le gouvernement a établi 17 centres avec l'espoir de doper la croissance de secteurs allant des smartphones à la construction navale, en passant par la mode.

«Les scientifiques postulent chez Samsung comme s'il s'agissait du gouvernement.»

Christian Schneider

Même si Park Geun-hye propose de réduire l'influence des piliers de l'économie que sont les chaebols, leur immense rôle dans le domaine de la recherche n'est pas près de disparaître. En part du PIB, la Corée du Sud affiche les dépenses pour la recherche et le développement les plus élevées au monde, des fonds qui proviennent en majeure partie des conglomérats.

L'essor des chaebols

Les chaebols forment la colonne vertébrale de l'économie sud-coréenne depuis le règne de Park Chung-hee, père de l'actuelle présidente. Le dictateur militaire est arrivé

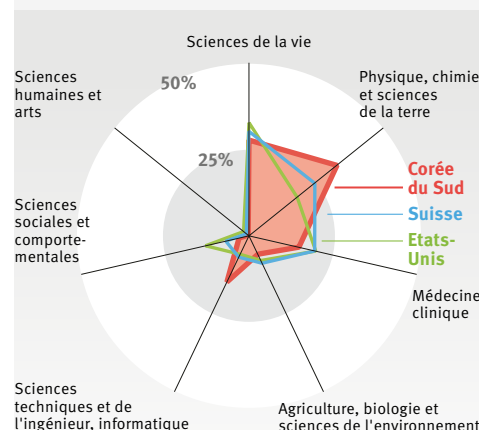
au pouvoir suite à un coup d'Etat en 1963. Il a construit une économie autour des entreprises familiales qu'il appréciait, qui sont devenues pour la plupart des marques globales comme Samsung, LG et Hyundai.

Les chaebols commencent à jouer un rôle prépondérant dans la recherche et le développement à la fin des années 1980, une évolution qui passe par la création d'universités et de laboratoires. Une entreprise sidérurgique fonde ce qui deviendra l'une des hautes écoles techniques les plus prestigieuses du pays, l'Université technologique de Pohang. Samsung suit le mouvement avec son Samsung Advanced Institute of Technology (SAIT), un laboratoire interne sur le modèle des Bell Labs. «Construire un laboratoire de recherche d'entreprise de cette manière classique était très visionnaire», analyse Ogan Gurel, responsable de l'innovation pour Campus D, un incubateur de start-up basé à Séoul.

«Les scientifiques postulent chez Samsung comme s'il s'agissait du gouvernement», relève Christian Schneider, directeur du Swiss Science and Technology Office de Séoul. Les sommes en jeu sont importantes et elles sont investies dans la recherche fondamentale.»

Les universitaires ont ainsi l'opportunité de mener des recherches avec un accès direct au marché, indique Bernhard Egger, un informaticien à l'Université nationale de Séoul (SNU). Le Suisse connaît les deux facettes – académique et industrielle – du système: il a obtenu son doctorat à la SNU, avant de rejoindre le SAIT en 2008. A ce poste, il a contribué au développement d'une puce qui décode les vidéos et la musique pour les smartphones de Samsung. Il est ensuite retourné dans l'univers académique en tant que professeur à la SNU, où il continue de collaborer avec les scientifiques de Samsung et dirige aujourd'hui l'un des cinq groupes de recherche fondés par le conglomérat.

Profil de recherche



Répartition par domaine de recherche des publications. Source: SBF

Bernhard Egger ne sait pas encore à quoi aboutira son projet: «Je pense que Samsung ne le sait pas non plus. Il s'agit donc vraiment de recherche.» Mais le chercheur a sa petite idée: en décembre dernier, le groupe a annoncé vouloir se lancer dans le développement de voitures sans conducteur. «J'ai la chance de participer à des projets qui ont un impact sur l'industrie et qui sont motivés par de vrais produits.»

Une économie revisitée

Au lieu de démanteler les chaebols, Park Geun-hye essaie de les convaincre d'aider les start-up en mettant de l'équipement, des formations et des fonds à leur disposition. A Daejeon, par exemple, le «Centre régional d'économie créative et d'innovation» est situé sur le campus de l'une des meilleures universités techniques du pays. Le conglomérat local, SK Telecom, le plus important opérateur de télécommunications sans fil de Corée, sert de guide à des projets initiés par les étudiants.

Les critiques disent que ces centres doivent encore porter leurs fruits et soulignent qu'ils ne sont pas parvenus à recueillir les investissements espérés. De nombreux économistes affirment que des mesures bien plus drastiques seront nécessaires pour éliminer l'étouffante domination des chaebols.

Mais cela n'empêche pas la Corée du Sud d'exporter son modèle vers d'autres nations qui manifestent un fort intérêt. Et ces dernières sont même prêtes à payer: l'Arabie saoudite et le Brésil ont déjà conclu des accords avec Séoul pour dupliquer son «économie créative».

Basé à Séoul, le journaliste scientifique Mark Zastrow écrit pour Nature, New Scientist, Nova et Retraction Watch.



L'appel de l'Orient

Lorsque Bernhard Egger reçoit son diplôme à l'ETH Zurich en 2002, il voit ses camarades se rendre aux Etats-Unis pour poursuivre leurs études. Mais le jeune homme a d'autres ambitions: «Partir vers l'Est plutôt que vers l'Ouest me semblait plus intéressant et stimulant.»

Pourquoi la Corée du Sud, et pas la Chine ou le Japon? En plus de l'image sympathique et travailleuse du pays, Bernhard Egger est séduit par un avantage pratique de taille: l'alphabet, relativement simple.

Désormais fermement implanté en Corée du Sud avec sa femme et ses deux enfants, il est à l'aise pour jeter des ponts entre les industries ou les continents. Il collabore avec un collègue d'ETH Zurich, ce qui permet à leurs étudiants de faire des échanges de recherche. Et son travail chez Samsung le maintient sur le terrain. «J'aime accomplir des choses concrètes, qui ont un vrai effet dans le monde réel. Venir en Corée me l'a permis.»

Photo: Aaron Choe

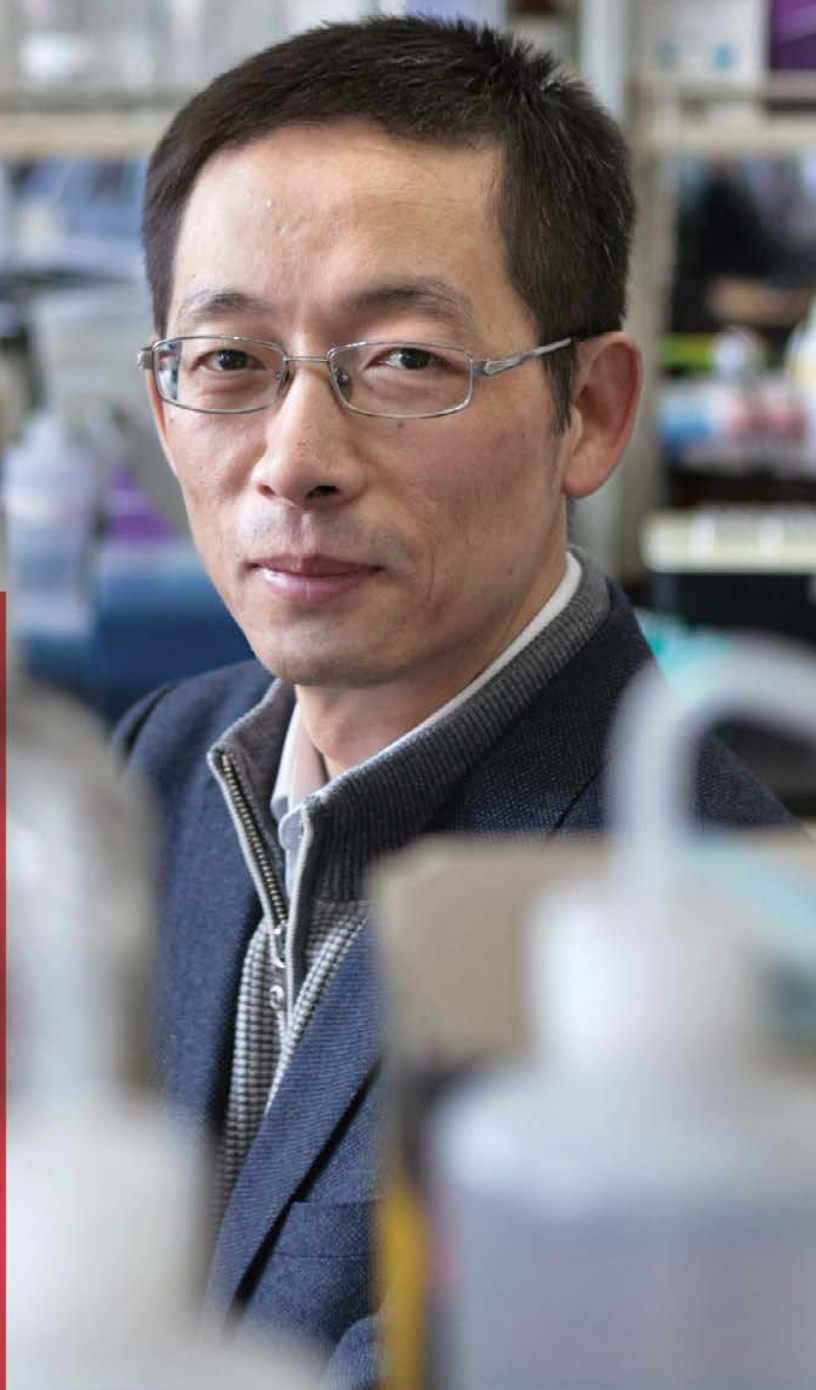


De Princeton à Pékin

Pour ses recherches sur la structure des protéines, Yigong Shi disposait de tout ce dont un scientifique peut rêver à l'Université de Princeton, notamment grâce aux importantes subventions des US National Institutes of Health. Mais la Chine est un pays d'opportunités, et même la perspective d'une bourse Howard Hughes d'un montant de 10 millions de dollars ne le convainc pas de rester aux Etats-Unis.

En 2008, il retourne à l'Université Tsinghua de Pékin, dont il devient le vice-président en 2015. Yigong Shi symbolise les ambitions chinoises dans les sciences de la vie et la capacité du pays à rassembler les cerveaux nécessaires. Vivre dans la capitale peut être dur, confie-t-il, notamment avec la pollution qui constitue un problème. Mais la richesse apportée par les contributions d'étudiants assidus et les équipements de haut niveau en font un eldorado pour les chercheurs. «Pour faire progresser une carrière, on ne peut pas imaginer un meilleur choix que celui de rentrer en Chine.»

Photo: Andrew Wong



Davantage de femmes dans les sciences

Suzana Nunes a étudié à l'Université de Campinas au Brésil. Son parcours l'a ensuite menée en Allemagne où elle est restée douze ans avant de rejoindre KAUST en 2009. Elle est aujourd'hui vice-doyenne de la division Biologie, environnement et ingénierie et s'engage pour encourager les femmes à poursuivre des carrières scientifiques. Son groupe de recherche est majoritairement féminin, et elle souhaite attirer davantage de femmes saoudiennes vers la chimie et l'ingénierie. Elle a également lancé des initiatives pour promouvoir les sciences auprès des jeunes.

Photo: KAUST

République populaire de Chine

Souris, smog et censure

Salaires compétitifs, infrastructures et animaux de laboratoire en quantité: la Chine veut rapatrier ses meilleurs chercheurs. Mais la pollution et le verrouillage d'Internet les font parfois hésiter. *Par David Cyranoski*

La Chine a vécu le boom scientifique le plus impressionnant de l'histoire moderne. En vingt ans, le pays s'est hissé du statut de banlieue de la science à celui de deuxième plus grand producteur mondial d'articles scientifiques, qui pourrait même détrôner les Etats-Unis à la première place. Autre signe de cet essor: les articles en provenance de Chine paraissent de plus en plus souvent dans des journaux de premier plan, en particulier dans les domaines de la physique, de la chimie et de la génomique.

Mais les publications ne constituent pas le seul indicateur. L'Empire du Milieu a envoyé une sonde sur la Lune et a récemment lancé un satellite qui pourrait lui donner l'avantage dans la quête pour détecter la matière noire. Il se montre désormais prêt à se battre en première ligne dans la plupart des domaines scientifiques et technologiques.

«Les chercheurs bénéficient d'une grande latitude.»

Yigong Shi

Cette évolution va de pair avec d'importants efforts gouvernementaux pour récupérer les cerveaux chinois partis à l'étranger. Lancé en 2008, le programme «1000 talents» veut attirer les chercheurs avec des salaires compétitifs et des allocations au logement qui peuvent ensemble largement dépasser les 100 000 dollars. Il comprend aussi de généreux financements de recherche, indique Cong Cao, un spécialiste de la politique de la recherche qui est récemment revenu dans son pays pour travailler à l'Université de Nottingham à Ningbo, à 200 kilomètres au sud de Shanghai.

Yigong Shi, vice-président de l'Université Tsinghua, indique que les salaires pour les très bons chercheurs augmentent rapidement en Chine, même s'ils restent inférieurs à ceux proposés aux Etats-Unis, et que l'équipement est en général meilleur.

Internet verrouillé

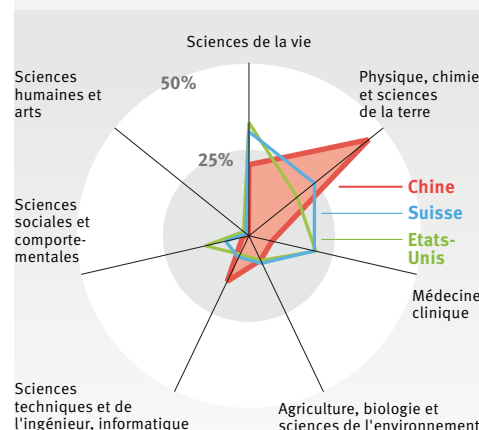
Mais cette bataille en matière de recrutement est ardue. Les postes aux Etats-Unis ou en Europe continuent de jouir d'une réputation plus prestigieuse. Durant les premières années du programme «1000 talents», de nombreux scientifiques ont continué à passer la majeure partie de leur temps dans une institution étrangère, considérant leur poste en Chine comme accessoire. Les autorités ont depuis lancé un nouveau programme exigeant des doctorants qu'ils reviennent au pays à plein temps.

L'effort déployé pour attirer les cerveaux formés à l'étranger provoque également des tensions. Elles se manifestent par exemple lorsqu'un jeune scientifique inexpérimenté gagne un salaire dix fois supérieur à celui d'un chef de laboratoire confirmé mais qui a fait toute sa carrière dans le pays.

Et il existe des obstacles supplémentaires dans la course aux cerveaux. Certains scientifiques refusent de rentrer en raison de la qualité de l'air, en particulier à Pékin. D'autres reculent devant les lourdeurs administratives et l'obsession de mesurer les performances de manière quantitative.

De nombreux scientifiques hésitent à venir en raison de l'accès restreint à Internet. Google Scholar, utilisé dans le monde entier pour suivre les dernières découvertes, demeure bloqué en Chine. «Cela affecte surtout les petites universités, car leurs bibliothèques ne sont pas toujours suffisamment fournies», précise Yigong Shi.

Profil de recherche



Répartition par domaine de recherche des publications. Source: SBF

Moins de considérations éthiques

Mais l'Empire du Milieu offre aussi une certaine liberté. Les scientifiques ont largement profité de l'absence de mouvements de défense des animaux pour utiliser les nouvelles techniques d'édition des gènes: ils ont notamment produit des mini-cochons et des chiens «super musclés», et travaillent à la création de primates porteurs de certaines maladies, comme l'autisme, à des fins de recherche. Certains scientifiques ont utilisé ces techniques afin de modifier le génome d'un embryon humain, une action hautement polémique.

Cette absence de résistances permet aux scientifiques chinois d'avancer rapidement. Xingxu Huang, rentré en Chine après six ans de post-doctorat aux Etats-Unis et directeur d'une équipe à la ShanghaiTech University, estime que des considérations économiques ont également une influence. Son objectif - manipuler le génome de grands animaux tels que cochons, chèvres et singes - est «plus réalisable en Chine qu'aux Etats-Unis, car ils sont meilleur marché et plus accessibles». Et le gouvernement encourage les initiatives entrepreneuriales.

«Tous ces exemples illustrent ce que les scientifiques peuvent réaliser en Chine, relève Yigong Shi. Qu'il s'agisse de monter un business ou de faire de la recherche avec des cellules souches ou des primates, les chercheurs bénéficient d'une grande latitude.»

Mais le chemin est encore long. Lorsqu'on demande à Cong Cao ce qui retient la Chine en matière de recherche, la réponse ne se fait pas attendre: «Le manque de talents reste le plus grand problème.»

David Cyranoski est correspondant du magazine Nature pour la région Asie-Pacifique.



Université de Shenzhen, bâtiment des sciences et des technologies. Photo: Chloeklein/Dreamstime.com

Arabie saoudite

Le plein de science

L'Arabie saoudite veut devenir un leader de la recherche et investit ses revenus pétroliers dans des équipements à la pointe. Mais peut-on construire une nation scientifique en partant de zéro?

Par Mohammed Yahia

Aquelque 150 kilomètres de la ville de Djeddah, un centre de recherche flambant neuf est apparu au bord de la mer Rouge. Son objectif? Faire du riche Etat pétrolier une économie de savoir en misant sur la science.

La King Abdullah University of Science and Technology (KAUST) a été inaugurée en 2009. Elle concrétise la volonté du roi Abdallah, décédé début 2015, qui rêvait d'une université high-tech capable de faire décoller la recherche scientifique dans le pays. A la fois université et institut de recherche, KAUST est le premier établissement mixte d'Arabie saoudite. Un financement initial de 20 milliards de dollars a permis d'équiper les locaux de laboratoires dernier cri, une infrastructure qui attire des scientifiques du monde entier. KAUST est ainsi rapidement devenu l'un des principaux instituts de recherche du monde arabe.

Le Qatar et les Emirats arabes unis ont choisi d'inciter des universités occidentales renommées à ouvrir des campus sur leurs territoires. L'Arabie saoudite, elle, a opté pour la construction de sa propre institution en partant de zéro, en s'inspirant des meilleures universités privées occidentales.

Modèles helvétiques

«Notre institution est un test qui doit servir de catalyseur à la nouveauté. Si l'expérience aboutit, elle sera reproduite par d'autres», explique Jean Fréchet, qui a quitté son poste à l'Université de Californie à Berkeley pour rejoindre KAUST en tant que vice-président de la recherche. Aujourd'hui, l'institution compte 901 étudiants, dont environ 40% de femmes.

Les deux écoles polytechniques fédérales helvétiques, soutenues financièrement par la Confédération, ont servi de modèle pour KAUST, indique Jean Fréchet. «Notre institution mélange deux

approches. Les chercheurs dépendent de bourses mais disposent également de 'financements de base'. Ils apprécient cette manière de fonctionner, car ils savent qu'ils peuvent poursuivre des travaux ambitieux sans devoir attendre d'année en année l'allocation d'une bourse.»

Cette combinaison de généreux financements, d'équipements de pointe et d'objectifs ambitieux a permis à KAUST d'attirer des scientifiques expérimentés. L'actuel président Jean-Lou Chameau occupait le même poste à Caltech. Le président fondateur, Shih Choon Fong, était lui président de l'Université nationale de Singapour.

«Sans appétit pour la science dans la société, notre projet ne pourra pas aboutir.»

Abdulaziz Al-Swailem

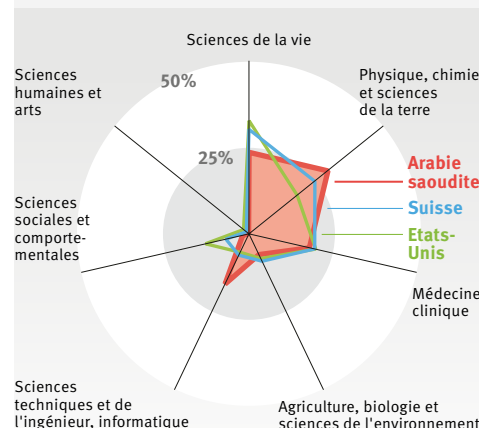
Suzana Nunes, vice-doyenne de la division Biologie, environnement et ingénierie de KAUST, dit avoir été attirée par le fait que l'université «offre à chacun la liberté et le soutien pour donner le meilleur de soi. Dans les laboratoires centraux, les étudiants peuvent se former mais aussi travailler avec d'excellents scientifiques».

Jean Fréchet souligne que l'institution est consciente du risque de grandir trop vite. «Notre but consiste à recruter des chercheurs de haut niveau qui s'engagent pour les objectifs de l'université. Nous voulons qu'ils nous rejoignent non pas comme touristes mais en tant que contributeurs.»

Créer une culture scientifique

La création de KAUST n'est qu'une partie du grand projet saoudien qui vise à donner

Profil de recherche



Répartition par domaine de recherche des publications. Source: SBFi

un coup de fouet à la production scientifique du pays. Le royaume a lancé un plan national en 2009, divisé en périodes de cinq ans accompagnées d'objectifs précis, et qui court jusqu'en 2030. Durant la première étape, achevée en 2014, l'Arabie saoudite s'est appliquée à construire une infrastructure pour promouvoir la science dans les universités et les instituts de recherche.

«Nous nous sommes aussi assurés que les recherches menées étaient de haute qualité et auraient un impact aussi bien au niveau régional qu'international», indique Abdulaziz Al-Swailem, vice-président pour la promotion de la recherche scientifique à la King Abdulaziz City for Science and Technology (KACST), l'institut en charge de la stratégie scientifique nationale. Selon Nature Index, la production scientifique de l'Arabie saoudite a progressé ces deux dernières années et dépasse désormais celle de tous les autres pays du Moyen-Orient, excepté Israël.

Abdulaziz Al-Swailem reconnaît que l'un des plus grands défis de KACST est de créer une culture scientifique au sein de la population. Ces dernières années, l'institution a entrepris de traduire les principaux ouvrages et publications scientifiques en arabe. «Nous voulons créer du savoir et le rendre accessible à toutes les sphères de la population. Si nous ne parvenons pas à susciter un appétit pour la science et à renforcer sa place dans la société, notre projet ne pourra pas aboutir.»

Le journaliste scientifique Mohammed Yahia est basé au Caire.



Bâtiment de l'administration, KAUST. Photo: Courtesy of KAUST

INTERVIEW

«Il faut encourager les réseaux de coauteurs internationaux»

Alain Herzog



Dominique Foray de l'EPFL a étudié le trajet professionnel de 4666 doctorants des deux écoles polytechniques fédérales. Résultat: réaliser son doctorat dans une autre institution augmente la productivité.

Comment avez-vous procédé?

Avec ma collègue Fabiana Visentin, nous avons tenté d'isoler l'effet du mode de recrutement des doctorants sur leur productivité scientifique entre 2000 et 2008, mesurée par le nombre de publications. Nous voulions déterminer si la productivité d'un doctorant est influencée par le double fait qu'il vienne d'une autre institution et que

son superviseur entretient – ou non – des relations de recherche avec celle-ci.

Quel est le résultat?

Que les doctorants recrutés à l'externe sont plus productifs que les internes. Les plus prolifiques viennent d'institutions extérieures qui entretiennent des liens avec leur superviseur, notamment à travers ses coauteurs. Ils sont alors 10% plus productifs que les étudiants issus d'une université totalement hors du réseau du professeur, et 16% de plus que les étudiants locaux qui sont restés au même endroit pour effectuer leur doctorat.

Comment l'interprétez-vous?

Cela montre le rôle des relations sociales et professionnelles, notamment pour recruter un bon doctorant, une tâche souvent difficile. Le réseau d'un professeur peut l'aider à sélectionner les candidats de qualité.

Des recommandations pour les hautes écoles?

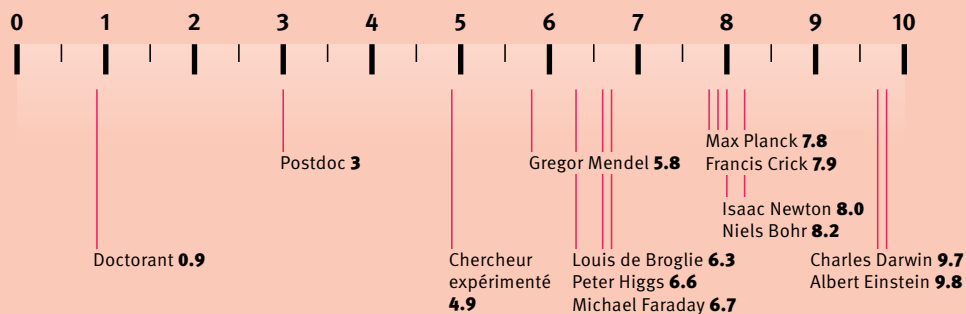
Nos résultats offrent un éclairage intéressant pour les institutions telles que l'EPFL qui mènent un marketing global pour recruter. C'est bien d'ouvrir les portes et de vérifier deux fois la véracité des diplômes lointains, mais il est aussi important d'encourager les chercheurs de l'institution à développer leurs réseaux de coauteurs, notamment dans les pays de recrutement. Certaines universités américaines suivent cette stratégie: elles engagent des chercheurs chinois non seulement pour leur qualité, mais également pour les réseaux qu'ils possèdent dans leur pays d'origine. Ces derniers peuvent s'avérer utiles le jour où l'on recrute de nouveaux doctorants.

INFOGRAPHIE

Un nouvel indice

Après le h-index et le i10-index, voici le L-index qui veut lui aussi quantifier l'impact d'un chercheur. Il normalise le nombre de citations par l'âge de chaque

publication ainsi que par le nombre de coauteurs, avant d'en prendre le logarithme. Le graphique indique le L-index de chercheurs typiques et atypiques.



AV Belikov et al., F1000Research (2015), 4:884

NEWS

Un peer review plus transparent

Le journal Nature Communications publiera désormais les rapports d'experts (peer review) rédigés sur les articles lors de leur soumission, à moins que les auteurs ne s'y opposent. Un tel modèle existe dans des revues de BioMed Central et d'EMBO.

Un prix pour une science fiable

Le premier prix encourageant des pratiques de recherche plus rigoureuses en sciences sociales et politiques a été remis à fin 2015. Des lauréats du Leamer-Rosenthal Prize ont par exemple tenté de reproduire d'anciens résultats (d'ailleurs sans succès), d'autres ont mené des méta-analyses de manière transparente ou ont enseigné les principes de la reproductibilité. L'initiative veut favoriser une culture scientifique à même de générer des résultats vérifiables et solides.

Des articles emphatiques

Les articles scientifiques emploient toujours davantage de qualificatifs positifs, montre une étude néerlandaise qui a analysé tous les articles de la base de données PubMed depuis 1974. En 2014, plus de 17% des abstracts contiennent un ou plusieurs termes tirés d'une liste de 25 mots positifs («robuste», «innovant», «prometteur»), soit neuf fois plus qu'il y a quarante ans. Apparemment, les scientifiques considèrent leurs résultats de manière optimiste, commentent les auteurs de l'étude. Mais il faut se demander si cette perception correspond à la réalité.»

Chimpanzés à la retraite

Les National Institutes of Health (NIH) enverront leurs derniers chimpanzés dans des sanctuaires. Les NIH avaient retiré 310 primates de laboratoire en 2013 et gardé 50 en réserve pour permettre des recherches justifiées par un cas d'urgence.

Ghostwriting universitaire

3500 francs pour un travail de bachelor: des centaines d'étudiants font rédiger leurs travaux par des ghostwriters professionnels, a dévoilé la télévision suisse alémanique SRF en janvier 2015. Certaines universités ont depuis lors engagé des actions en justice.

Trouvez plus de news sur
www.sciencegeist.com,
 un nouveau portail soutenu par le FNS.

2113

IMPACT DE LA RECHERCHE

Quand Facebook et Twitter évaluent la science

Les «alternative metrics» veulent concurrencer le nombre de citations comme mesure du succès des publications. Faut-il faire confiance à ces nouveaux indices? *Par Roland Fischer*

Quels sont les travaux de recherche qui ont remporté le plus de succès l'an dernier? Jusqu'à récemment, cette question a priori anodine ne pouvait guère être posée. La raison: pendant des décennies, les méthodes pour mesurer l'impact de la recherche ont presque toujours reposé sur les citations, et celles-ci n'apparaissent souvent qu'après des mois, voire des années.

La fin de l'année 2015 a vu de nombreux titres tels que «The 10 most-talked about science stories of 2015». Ce n'est guère un hasard, mais simplement la conséquence du communiqué diffusé par l'entreprise londonienne Altmeter qui annonçait son top 100 des articles ayant fait le plus de bruit sur les médias sociaux. A l'ère des amuse-bouches numériques et des «listicles» (fusion de «liste» et «article»), ce hit-parade scientifique a été très bien accueilli par les journalistes.

L'entreprise Altmeter doit son nom aux «alternative metrics» (en français: mesures alternatives d'impact) ou, sous sa forme raccourcie, «altmetrics». Sa méthode n'additionne pas les citations, mais des chiffres liés à la couverture médiatique de l'article ainsi qu'aux réseaux sociaux: nombre de tweets, de posts sur Facebook, de billets sur les blogs, etc.

Ces nouveaux indices ont l'ambition de mesurer plus précisément l'impact scientifique et sociétal d'un travail de recherche. Ils sont également censés mettre plus rapidement en évidence le succès d'un travail de recherche, car une discussion sur Twitter se déroule beaucoup plus vite que dans les revues spécialisées.

Revue de presse numérique

Ce n'est pas tout: en plus d'offrir une alternative aux indicateurs usuels tels que le nombre de citations et le facteur d'impact de la revue dans lequel un article a été publié, les altmetrics pourraient aussi décharger le système de révision par les pairs ou peer review, objet aujourd'hui de nombreuses critiques. «Avec les altmetrics, nous pouvons crowdsourcer le peer review», déclaraient les précurseurs du mouvement emmené par Jason Priem dans un manifeste de 2010. L'idée est la suivante: une foule de profanes et un nombre considérable d'experts juge à coup de clics et de partages de l'intérêt d'une recherche. Correctement évalués et analysés, ces clics représenteraient implicitement une sorte de peer review.

L'idée est intéressante. Aujourd'hui, la valeur d'un manuscrit est uniquement estimée par la poignée
(suite page 28)

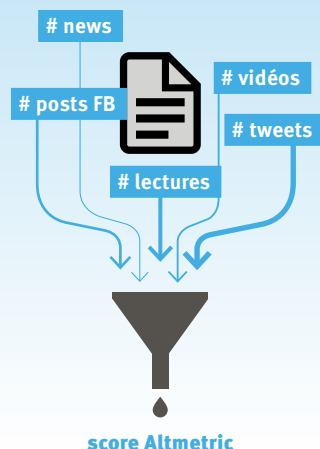
Hit-parade de la recherche suisse 2014/15

Quelle étude scientifique a eu le plus grand impact? Notre analyse montre que deux méthodes concurrentes livrent des résultats bien différents.

Nouveau: Altmetric

Altmetric

L'impact d'un travail est mesuré par le nombre (pondéré) de **mentions** dans les **médias** et sur **Internet** (Twitter, Facebook, etc.).



1

Ebola Virus Disease in West Africa – The First 9 Months of the Epidemic and Forward Projections.

New England Journal of Medicine, 22.09.2014

[Altmetric: 1352](#)

[News: 57, tweets: 701, posts FB: 232](#)

[Citations: 301](#)

5

Photonic crystals cause active colour change in chameleons

Nature Communications, 10.03.2015

[Altmetric: 1116](#)

[Citations: 11](#)

6

Recovery of large carnivores in Europe's modern human-dominated landscapes

Science, 19.12.2014

[Altmetric: 1105](#)

[Citations: 43](#)

2

Global, regional, and national age-sex specific all-cause and cause-specific mortality for 240 causes of death, 1990 – 2013: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2013

The Lancet, 12.12.2014

[Altmetric: 1181](#)

[News: 34, tweets: 950, posts FB: 76](#)

[Citations: 104](#)

7

A prudent path forward for genomic engineering and germline gene modification

Science, 19.03.2015

[Altmetric: 977](#)

[Citations: 47](#)

8

Biological insights from 108 schizophrenia-associated genetic loci

Nature, 22.07.2014

[Altmetric: 820](#)

[Citations: 436](#)

3

Business culture and dishonesty in the banking industry

Nature, 19.11.2014

[Altmetric: 1177](#)

[News: 70, tweets: 596, posts FB: 36](#)

[Citations: 11](#)

9

Mind-controlled transgene expression by a wireless-powered optogenetic designer cell implant

Nature Communications, 11.11.2014

[Altmetric: 809](#)

[Citations: 426](#)

4

67P/Churyumov-Gerasimenko, a Jupiter family comet with a high D/H ratio.

Science, 10.12.2014

[Altmetric: 1135](#)

[Citations: 21](#)

10

Evidence for interstellar origin of seven dust particles collected by the Stardust spacecraft

Science, 15.08.2014

[Altmetric: 782](#)

[Citations: 18](#)

Ebola, banquiers et impression 3D

Le classement des articles suisses selon leur score Altmetric reflète la popularité des domaines de recherche: la biomédecine domine clairement, suivie par la physique. Les autres disciplines arrivent nettement derrière. Une exception confirme la règle: l'article «Business culture and dishonesty in the banking industry», de l'écono-

miste Ernst Fehr de l'Université de Zurich, se retrouve au 3e rang, air du temps oblige.

Le facteur d'impact conserve clairement son importance. Les revues renommées telles que Nature et Science dominent le classement – ce qui n'est guère surprenant au vu de l'important travail médiatique qu'elles

entreprennent. L'analyse détaillée (disponible en ligne) montre des différences intéressantes entre les divers canaux. Facebook inclut des revues moins éminentes. En tête, on retrouve «No scientific consensus on GMO safety», une publication d'Angelika Hilbeck d'ETH Zurich. Viennent ensuite des travaux sur le virus Ebola et la préhistoire, mais

Traditionnel: nombre de citations

1

Planck 2013 results. XVI. Cosmological parameters

Astronomy and Astrophysics, 01.10.2014

[Altmetric: 12](#)

[News: 1, tweets: 1, posts FB: 0](#)

[Citations: 697](#)

5

A hole-conductor-free, fully printable mesoscopic perovskite solar cell with high stability

Science, 18.07.2014

[Altmetric: 92](#)

[Citations: 290](#)

6

SWISS-MODEL: modelling protein tertiary and quaternary structure using evolutionary information

Nucleic Acids Research, 09.04.14

[Altmetric: 1](#)

[Citations: 289](#)

2

2014 ESC/EACTS Guidelines on myocardial revascularization

European Heart Journal, 28.08.2014

[Altmetric: 81](#)

[News: 2, tweets: 73, posts FB: 7](#)

[Citations: 450](#)

7

Planck 2013 results. XXII. Constraints on inflation

Astronomy and Astrophysics, 29.10.2014

[Altmetric: 110](#)

[Citations: 234](#)

3

Biological insights from 108 schizophrenia-associated genetic loci

Nature, 22.07.2014

[Altmetric: 820](#)

[News: 45, tweets: 334, posts FB: 30](#)

[Citations: 436](#)

8

Comprehensive molecular profiling of lung adenocarcinoma

Nature, 09.07.2014

[Altmetric: 129](#)

[Citations: 232](#)

9

Growth of CH₃NH₃PbI₃ cuboids with controlled size for high-efficiency perovskite solar cells

Nature Nanotechnology, 31.08.2014

[Altmetric: 3](#)

[Citations: 209](#)

4

Ebola Virus Disease in West Africa – The First 9 Months of the Epidemic and Forward Projections.

New England Journal of Medicine, 22.09.2014

[Altmetric: 1352](#)

[Citations: 301](#)

10

Organohalide lead perovskites for photovoltaic applications

Energy & Environmental Science, 29.4.14

[Altmetric: 1](#)

[Citations: 177](#)

Citations

L'impact d'un travail est mesuré par le nombre d'articles publiés qui le citent.



également une liste de conseils pour arriver au bout d'un doctorat. C'est sur Facebook aussi que les discussions mêlent profanes et experts. Twitter honore le travail d'un nerd: «Open Labware: 3-D Printing Your Own Lab Equipment».

Kathrin Altwegg, qui a produit un hit avec son article sur la présence d'oxygène sur la comète Chury, a

entendu parler pour la première fois des alternative metrics lorsqu'elle a pris connaissance de son succès. Elle avoue que cela l'a fait rire, mais dit s'être réjouie de l'attention suscitée par ses travaux au-delà de ses pairs. Michel Milinkovitch de l'Université de Genève arrive juste derrière Kathrin Altwegg avec son travail sur le changement de couleur

chez le caméléon. Le chercheur avoue avoir été quelque peu surpris par l'ampleur de la diffusion de son article. «Naturellement, je suis heureux que mes résultats intéressent un vaste public», dit-il. Mais souligne que sa mission première reste de produire des recherches de bonne qualité.

Méthode:

Analyse des articles impliquant au moins une institution suisse parus entre juillet 2014 et juin 2015.

► Données détaillées:
www.snf.ch/Ho_altmetrics

«Aujourd'hui, je ne vois pas comment les mesures alternatives d'impact pourraient remplacer les anciennes méthodes.»

Euan Adie, fondateur d'Altmetric

«Les altmetrics ne mesurent absolument pas la qualité d'une recherche.»

Stefanie Haustein,
spécialiste en sciences de l'information

d'experts choisis par les rédacteurs des revues scientifiques. Pourtant, nombre de chercheurs seraient à même de contribuer à cette évaluation, et les impliquer améliorerait grandement la qualité du peer review. Certains scientifiques sont très actifs sur les réseaux sociaux, surtout sur Twitter: début 2015, un sondage auprès des membres de l'American Association for the Advancement of Science (AAAS) montrait que près de la moitié d'entre eux utilisaient les réseaux sociaux pour s'informer et commenter les découvertes.

«Aujourd'hui déjà, les publications scientifiques font l'objet de discussions sur les blogs et d'autres canaux similaires, où un nouveau système pourrait s'établir pour mieux repérer la recherche médiocre», commente Euan Audie, fondateur d'Altmetric. Mais il ajoute que «les altmetrics viennent en complément de l'analyse des citations et du peer review. Aujourd'hui, je ne vois pas comment ils pourraient remplacer les anciennes méthodes».

L'idée d'Euan Audie est plutôt de documenter un impact au-delà de la sphère scientifique, de procéder à une espèce de revue de presse numérique. «Notre indice mesure l'attention qu'un article a obtenu, ce n'est pas un indicateur de qualité», souligne-t-il. Tel est aussi l'avis de Stefanie Haustein, spécialiste en sciences de l'information à l'Université de Montréal, qui étudie les mesures alternatives d'impact depuis plusieurs années: «A l'heure actuelle, elles n'évaluent absolument pas la qualité d'une recherche.» Elle conteste aussi l'affirmation selon laquelle les altmetrics seraient une manière élégante de mesurer l'influence d'un article sur la société.

Concurrence des indices

Se pose alors une question de fond: que livrent les altmetrics? Une information importante et pertinente, ou au contraire ce qui se trouve être facilement accessible et quantifiable de manière automatique? Ils ont en tout cas le vent en poupe: les choses bougent dans

le milieu de la recherche depuis que l'initiative DORA de 2013 a souligné la méfiance suscitée par le facteur d'impact classique (le nombre moyen de citations des articles publiés dans une certaine revue). DORA ne veut pas tourner le dos aux systèmes d'évaluation quantitatifs, mais au contraire considérer des méthodes encore plus complexes telles que les altmetrics.

Les décisions portant sur les critères d'évaluation de l'impact d'une recherche vont sans aucun doute se complexifier et préoccupent autant la communauté scientifique que le monde de la politique de la recherche. Car les méthodes métriques ne sont pas juste des indicateurs objectifs, mais aussi un levier politique: elles sous-tendent des systèmes d'incitation susceptibles de transformer subtilement le monde académique. Faut-il vraiment que la recherche scientifique ait une visibilité sur les réseaux sociaux? Est-il vraiment problématique que de nombreux résultats ne soient fondamentalement guère compatibles avec l'univers hectique de Facebook et Twitter?

Dans une récente publication, Stefanie Haustein a remis en question la pertinence et la robustesse des nouveaux procédés d'évaluation. Elle a montré que la présence des publications scientifiques sur les canaux numériques était plutôt faible: 21,5% des articles font l'objet d'un tweet, moins de 5% sont partagés sur Facebook et seuls 2% sont mentionnés dans des blogs. Mais 66,8% sont cités au moins une fois de manière traditionnelle par une autre publication scientifique.

Les nouvelles méthodes constituent encore une boîte noire. Il faudra davantage d'analyses pour comprendre ce qu'on mesure exactement et la manière dont les anciens indicateurs se comportent par rapport aux nouveaux. Alors seulement pourrons-nous mieux juger s'il faut utiliser les altmetrics comme substituts des indices usuels, ou en complément.

Roland Fischer est journaliste scientifique à Berne.

«Trouvez une solution avec Bruxelles!»

Le nouveau président du Conseil suisse de la science souhaite rendre cet organe plus influent. Pour Gerd Folkers, les relations internationales constituent un enjeu majeur. *Par Urs Hafner*

Vous venez de prendre vos fonctions à un poste prestigieux.

En êtes-vous sûr?

Oui. Mais ce prestige n'a guère d'impact réel. La voix de la science, presque plus personne ne l'écoute, pas même le Conseil fédéral!

C'est vrai.

Comment voulez-vous changer la situation?

Avec de la diplomatie itinérante: je vais me rendre une fois par semaine à Berne et discuter des chantiers de politique scientifique avec des membres de l'administration, du Fonds national et du Parlement afin d'entendre leurs avis et prendre la température. Nous devons trouver un langage commun. Les problèmes sont sur la table: financement de la croissance, pression économique, fraude et falsification, qualification de la relève scientifique, carrière académique des femmes, etc.

Cela fait longtemps que le Conseil de la science réclame une amélioration des conditions de carrière pour la relève.

Il existe des problèmes qu'on ne saurait résoudre de manière définitive, car les contextes évoluent rapidement. Il faut les thématiser sans cesse. A côté de cela, il y a des questions complexes à propos desquels les ordres que peut donner la science sont de l'ordre du «oui, mais»... Oui, il convient de faire ceci ou cela, mais aussi de prendre en compte et d'évaluer certaines dimensions éthiques, économiques, juridiques et autres.

Le politique est-il prêt à entendre de telles recommandations ?

Il n'a pas le choix. Dans certains cas, les choses sont très claires: oui, il faut faire du diagnostic préimplantatoire. Oui, il faut que la Suisse participe au super-laser européen ELI. Le Conseil délivre une vérité, celle qui se fonde sur la science, mais ne fait pas de politique scientifique. La décision, elle, appartient au politique. J'espère que les parlementaires se tourneront toujours plus vers

nous pour nous demander conseil. Cela implique d'améliorer notre visibilité.

Imaginez pouvoir faire une proposition au Conseil fédéral qu'il suivrait à coup sûr. Laquelle serait-ce?

Si j'étais impertinent, je me référerais au principe de la séquence idéale: réfléchir avant d'agir. Non, sérieusement, je ne suis pas en position de donner un conseil général au Conseil fédéral.

Une recommandation prioritaire, alors?

Maintenir les relations internationales. Le savoir scientifique ne se préoccupe pas des frontières nationales, il circule à l'échelle mondiale. Mon avis serait donc le suivant: trouvez une solution avec Bruxelles! C'est aussi évident qu'urgent.

Tel n'est pourtant pas la manière dont la plupart des parlementaires voient les choses.

Alors voilà mon argument: est-ce une bonne idée de réinventer dans ce pays tout ce qui a été déjà conçu ailleurs? Non. La Suisse ne doit pas s'isoler, sans quoi elle ne profitera plus des découvertes faites autre part et inversement.

Le politique se concentre toujours plus sur la surveillance. Les sciences



«J'espère que les parlementaires se tourneront toujours plus vers nous», dit le nouveau président du CSSI. Photo: Valérie Chételat

humaines seraient en mesure d'expliquer l'émergence du terrorisme. Un projet pour le Conseil de la science?

Certainement. Jusqu'ici, malheureusement, je n'ai vu pratiquement aucune analyse intelligente du terrorisme dans les journaux. On peut poser une question provocante: comment évaluer cette menace par rapport à certains risques internes, comme les décès liés au manque d'hygiène dans les hôpitaux? Nous avons besoin des sciences humaines et sociales. Elles sont en mesure d'éclairer à la fois les motivations de ceux qui commettent ces actes et les réactions de la société qui privilégie la question de la sécurité.

Professeur de chimie pharmaceutique à ETH Zurich depuis 1994, Gerd Folkers a dirigé le forum Collegium Helveticum à Zurich jusqu'en 2014. Il a pris en janvier 2016 la présidence du Conseil suisse de la science et de l'innovation (CSSI), l'organe consultatif du Conseil fédéral en matière de politique de la recherche.

Urs Hafner est historien et journaliste scientifique à Berne.

Une Suisse réchauffée

Le monde n'a pas modifié ses habitudes, et à la fin du XXI^e siècle, les températures ont augmenté de cinq degrés. Une citadine, un paysan, une entrepreneuse et un retraité nous adressent une carte postale du futur.

Par Roland Fischer. Illustration de Brunner&Meyer

«Sans climatisation, c'est insupportable»

« Je reviens de Stockholm. Incroyable: beaucoup de gens vivent encore dans la vieille ville! La proximité de la mer évite sans doute que la chaleur ne stagne dans les rues étroites. J'ai lu comment les spécialistes appellent ce phénomène: un «îlot de chaleur urbain». Cela n'a pas l'air si désagréable que ça, mais sans climatisation, c'est insupportable.

Mes amis qui peuvent se le permettre ont presque tous déménagé sur les collines autour de la ville ou dans les nouveaux quartiers climato-optimisés. L'été, ils ne descendent dans le centre que la nuit. Seuls des gens comme moi, qui doivent être proches de la gare, habitent dans la vieille ville. Malgré le télétravail, je dois me déplacer régulièrement pour des séances. Si seulement l'électricité n'était pas sans cesse coupée! »

Catherine, 37 ans, graphiste, Neuchâtel

«... tous ces extrêmes météo à la fois»

« Je ne sais pas comment je vais continuer. Notre famille possède la ferme depuis huit générations. Travailler, travailler et ne pas se plaindre de la météo, disait mon grand-père. Mais la situation était différente à l'époque. Au milieu du XXI^e siècle, le changement climatique avait des aspects positifs: des températures élevées et assez d'eau.

Il y a longtemps que j'aurais arrêté si je n'avais pas eu mes fidèles clients qui privilégient la production locale et pas 100% industrielle. C'est vraiment très dur de faire face à tous ces extrêmes météo à la fois: des printemps soit pluvieux soit trop secs suivis par la sécheresse de l'été. On ne peut s'en sortir qu'en investissant massivement dans les infrastructures et en produisant sous serre. Les banques et les grands groupes s'en réjouissent. Mais mon grand-père ne voyait pas les choses ainsi. »

Jan, 53 ans, maraîcher, Morat

Histoires du futur

Comment vivra-t-on dans une Suisse plus chaude, dans vingt, cinquante ou cent ans? Les experts restent prudents en matière de prévisions. Il est néanmoins possible de raconter des histoires, même si les textes ci-dessus ne prennent pas en considération les éventuels bouleversements sociaux ou l'impact de nouvelles technologies. Comme toujours en science-fiction, ces récits nous parlent autant de notre présent que du futur. Ils nous incitent également

à réfléchir à de nouvelles orientations, à prendre aujourd'hui plutôt que demain.

Nos remerciements vont à ProClim et aux quatre experts qui ont accepté de se projeter dans le futur: Martin Hoelzle (paysages de montagne et pergélisol), Jürg Fuhrer (agriculture), Eberhard Parlow (climat urbain) et Marco Pütz (aménagement du territoire). Le point de vue de la science sur le réchauffement climatique en Suisse sera présenté dans un rapport publié par les Académies suisses des sciences en 2016.



«Le travail ne va pas nous manquer»

« Je ne peux pas me plaindre, vraiment. Il a toujours été clair que j'allais reprendre l'entreprise familiale et je n'ai jamais regretté ce choix. Je poursuis la stratégie de mon père: une présence forte dans les régions de montagne. Elles ont besoin du savoir-faire de notre société: Bernasconi Génie civil, protection du paysage et gestion du charriage.

Nos activités ont débuté à petite échelle, à Splügen. Aujourd'hui, nous travaillons avant tout dans les vallées riches: Vals, Davos/Klosters et bien sûr l'Engadine. Nous construisons des digues et sécurisons des pentes. Parfois, nous détournons carrément tout un cours d'eau, l'une des mesures les plus efficaces contre les inondations. Nous draguons aussi les lits des rivières, éliminons les laves torrentielles.

Personnellement, je regrette que certaines communes ne peuvent se permettre ces travaux et que des vallées entières finissent par être abandonnées. Le pergélisol continue à fondre lentement et sûrement. Le travail ne va pas nous manquer.»

Stefania, 29 ans, entrepreneuse, Davos



«Je n'aurais pas supporté de rester en ville»

« C'est quand même fou qu'on ait à nouveau tant construit ces trente dernières années. Mais contrairement aux anciens monstres de béton, les bâtiments s'intègrent bien dans le paysage, comme le nouveau complexe hospitalier et commercial.

Je suis très content de vivre à 1500 mètres d'altitude. J'ai eu la chance d'hériter au bon moment. Je peux bénéficier du climat alpin qui normalement n'attire que les super-riches. Je n'aurais pas supporté de rester en ville. Mais que signifie aujourd'hui la ville? Cramoran, la région Crans-Montana-Randogne où j'habite, compte déjà plus de 15 000 habitants.

J'ai toujours été fasciné par l'architecture et par l'essor des constructions en bois après la crise du béton au milieu du XX^e siècle. J'habite dans l'une de ces tours élégantes qui offrent un climat intérieur très agréable. Elle est juste située un peu trop près de la forêt. L'an dernier, l'incendie nous a presque atteints. Dommage aussi que la piscine reste vide depuis cinq ans. Je trouve cela un peu exagéré. Les riches de Randogne, eux, arrosent bien leur gazon pendant les grandes chaleurs.»

Leo, 71 ans, technicien en bâtiment à la retraite, Crans-Ouest



Biologie, Internet et rock'n'roll

Il a vendu ses peintures sur Internet, lancé plusieurs sites Web et joué en ouverture de Lenny Kravitz. Rencontre avec le biologiste Marcel Salathé, l'un des rares experts mondiaux en épidémiologie numérique. *Par Sophie Gaitzsch*

Un pionnier de l'épidémiologie digitale? «Mmm, plutôt une des personnes qui a commencé à travailler tôt dans ce domaine», nuance Marcel Salathé avec circonspection. Le biologiste bâlois de 40 ans utilise les nouveaux moyens de communication numérique pour étudier les maladies et leur propagation. Lorsqu'il parle de lui, il affiche une modestie toute helvétique. Il suscite pourtant l'admiration de ses pairs. «Marcel a été l'un des premiers à considérer Twitter comme une source d'information en matière de santé, note Andrew Read, un ancien collègue de l'Université d'Etat de Pennsylvanie. Beaucoup l'ont alors pris pour un fou. Son cerveau est toujours en train de penser à la prochaine idée, et il ose se lancer.»

Twitter et grippe porcine

Après huit ans passés aux Etats-Unis, à l'Université Stanford puis en Pennsylvanie, Marcel Salathé a rejoint l'EPFL à l'été 2015 où il a fondé le Laboratoire d'épidémiologie digitale. Dans son nouveau bureau du Campus Biotech à Genève, sa retenue fait place à un enthousiasme à l'américaine lorsqu'il évoque son domaine de recherche. «Les gens adorent discuter de leur santé. Les gens adorent discuter de leur santé sur Facebook ou Twitter, qui représentent ainsi une source d'information inépuisable pour les scientifiques. Autre exemple, la localisation des téléphones portables permet de suivre les mouvements de population en cas d'épidémie. Ces nouveaux flux de données sont rapides, mais surtout globaux. Des centaines de millions de personnes qui n'ont pas accès au système de santé traditionnel ont désormais un smartphone.»

L'une de ses recherches récentes a utilisé Twitter pour analyser les effets secondaires des traitements contre le virus HIV. Un autre travail porte sur les effets des messages pro et anti-vaccins au moment de la

grippe porcine. «L'idée d'utiliser les outils numériques pour améliorer la santé n'en est qu'à ses débuts. A long terme, les soins vont être bouleversés et devenir plus intelligents et plus efficaces.» Ces nouveaux outils, le chercheur n'hésite pas à les expérimenter personnellement. Il brandit son poignet équipé d'une smartwatch au bracelet orange fluo: «Elle mesure le nombre de pas que je fais en une journée, la quantité de calories que je brûle. J'ai réalisé que cela influence mon comportement. Les jours où je n'ai pas assez bougé, on peut me voir descendre et monter les escaliers comme un dératé avant d'aller me coucher!»

Marcel Salathé poursuivra aussi son projet PlantVillage, une app qui aide les cultivateurs à diagnostiquer les maladies des plantes en partageant et commentant des photographies postées en ligne. Le chercheur apporte à l'EPFL son optimisme débordant pour les MOOCs, ces cours universitaires en ligne ouverts. Il dit se sentir à l'aise hors des sentiers battus. Ceux qui l'ont côtoyé insistent d'ailleurs sur son profil «atypique». Fils d'un policier et d'une employée de bureau, le Bâlois choisit d'abord d'étudier la biologie «par exclusion», à l'Université de Bâle: «Tout le reste me semblait ennuyeux. J'étais un adolescent anxieux, et la nature était l'un des seuls endroits où mon esprit trouvait le calme.» La matière se révèle finalement «incroyablement inspirante», et le jeune homme se découvre bientôt une seconde passion: la programmation Web.

Le biologiste peintre

Il quitte l'université et fonde une start-up de vente en ligne, avant de retourner à ses études tout en continuant de travailler comme programmeur. «A la fin des années 1990, tout le monde était autodidacte. Cette expérience m'a donné une liberté mentale

Valérie Chételat





«J'envie les scientifiques
qui consacrent leur énergie
à une seule discipline.»

qui continue de guider mon travail aujourd'hui.» Marcel Salathé a depuis initié d'autres projets Internet et vient de publier un ouvrage intitulé «Nature in Code», un manuel qui lie programmation et biologie. «Marcel veut avoir un impact, note son ancien collègue Andrew Read. Pour y arriver, il est prêt à mener à bien ses projets en dehors du cadre académique, en lançant une entreprise ou une app.» Un homme ambitieux? «Oui, mais d'une manière sympathique.»

Son doctorat à ETH Zurich dans les années 2000 - où il se distingue par une capacité de concentration «exceptionnelle» et la publication d'une dizaine d'articles, selon son directeur de thèse Sebastian Bonhoeffer - est l'occasion de nouvelles expérimentations. Il met en vente sur Internet 1000 tableaux qu'il réalise lui-même et dont le prix est fixé notamment en fonction de la demande. Chaque toile ne représente qu'un nombre, de 1 à 1000, toujours sur le même modèle. Le concept séduit le public et trouve un écho dans les médias de nombreux pays. «Marcel a toujours eu un sens aigu de ce qui fonctionne ou pas dans le monde numérique, commente Sebastian Bonhoeffer. Il s'est ainsi retrouvé sur des plateaux de télévision pour débattre de ce qui est ou n'est pas de l'art.»

Pourquoi choisir?

A la même époque, Marcel Salathé s'est illustré au sein du groupe de rock bâlois Phebus. La formation a rencontré un certain succès, signé avec la maison de disques britannique EMI et s'est même produite en première partie de Lenny Kravitz. «Une expérience amusante, sourit le biologiste, qui s'intéresse désormais à la musique classique mais continue de composer ses propres chansons. Aujourd'hui, j'essaie surtout de passer chaque minute de mon temps libre avec ma famille, dit le père de

deux enfants de 3 et 6 ans, qui a posé ses valises près de Morges. Et cet été, j'essaierai d'aller faire de la randonnée. Je suis d'ailleurs toujours à la recherche de quelqu'un qui voudrait m'accompagner pour traverser la Suisse. Avis aux amateurs!»

Scientifique, entrepreneur, auteur, musicien: les nombreuses casquettes de l'insatiable chercheur ne le desservent-elles pas? «J'envie les scientifiques qui consacrent toute leur énergie à une seule discipline. Etre actif dans différents champs de recherche donne parfois l'impression d'un manque de profondeur dans certains domaines. Mais à une époque où la science est interdisciplinaire, s'engager en dehors de sa zone de confort constitue aussi un atout. Après tout, pourquoi préférer une approche à une autre?»

Sophie Gaitzsch est journaliste à Genève.

Un touche-à-tout

Marcel Salathé, 40 ans, est professeur de biologie à l'EPFL. Il a étudié à l'Université de Bâle, obtenu un doctorat à ETH Zurich et fait un postdoc à l'Université Stanford avant d'être nommé professeur assistant à Penn State. L'expert en épidémiologie numérique a auparavant lancé des sites Internet et des apps (Netzfaktor, Plantvillage), joué dans un groupe de rock et vendu 800 tableaux sur le Web. Il est marié et père de deux enfants.

Des mises en garde déconcertantes

Le tabac, le glyphosate et la charcuterie provoquent «probablement» le cancer. Faut-il vraiment s'en inquiéter? Analyse de la manière dont l'OMS communique.

Par Florian Fisch

La procédure est devenue un rituel: à intervalles réguliers, l'Organisation mondiale de la santé (OMS) annonce que certains produits chimiques et certaines denrées alimentaires sont cancérogènes. Dernière en date: la charcuterie. Les gros titres sont immédiatement au rendez-vous, suivis de micros-trottoirs pour avoir l'opinion du public. Comme on pouvait s'y attendre, l'industrie de la viande n'a guère apprécié.

On ignore l'effet que ces avertissements de l'OMS ont sur la santé de la population. Mais il est clair qu'ils provoquent une grande confusion. Après celui concernant la charcuterie, la revue mensuelle américaine *The Atlantic* a classé l'OMS comme «organisation hautement génératrice de confusion», incapable de communiquer de manière intelligible sur les risques. Un diagnostic que partage Michael Siegrist, professeur à ETH Zurich et spécialiste du comportement des consommateurs et de la communication des risques. «La mission de l'OMS n'est pas de créer la panique, mais d'informer», souligne-t-il.

Risque certain mais faible

L'objectif officiel du Centre international de recherche sur le cancer (CIRC) de l'OMS est «d'identifier les causes du cancer qui permettront d'adopter des mesures préventives afin de réduire le fardeau et les souffrances liés à la maladie». A ce jour, plus de 900 facteurs de risque suspects ont été examinés. Les plus connus sont le tabagisme actif et passif.

Un groupe d'experts analyse l'ensemble des études publiées sur un certain facteur de risque et l'assigne à l'un des cinq groupes. Le premier est celui des «agents cancérogènes»; il inclut le tabac, le rayonnement ultraviolet, l'amiante et, depuis peu, la viande transformée. Des agents comme l'herbicide glyphosate (voir aussi «Le glyphosate est-il cancérigène?», p. 8) et

la viande rouge sont classés «probablement cancérogènes». A côté des nombreux agents jugés «inclassables», la plupart des substances se trouvent dans le groupe des agents «peut-être cancérogènes» tels les ondes radio et l'extrait d'aloë vera. Seul le caprolactame, un produit chimique utilisé pour la fabrication du nylon, figure dans le groupe «probablement pas cancérogène».

«Il faut que l'OMS se familiarise avec la communication du risque.»

Michael Siegrist

Les saucisses sont-elles donc aussi dangereuses que le tabac? Non, écrit l'OMS dans une liste de questions fréquentes. «Les classifications du CIRC décrivent la force des données scientifiques sur un agent comme étant une cause de cancer, mais n'évaluent pas le niveau du risque.» Ce dernier peut donc être très faible, mais s'il est clairement établi, l'agent incriminé se retrouve dans le premier groupe. Le FAQ cite les 34 000 décès par cancer par an dans le monde imputables à une alimentation riche en viandes transformées, selon le Global Burden of Disease Project, mais ce nombre est très petit comparé au million de décès dus au tabac.

Manque de consignes

«L'évaluation de la crédibilité d'un effet est un tout premier pas essentiel pour évaluer un risque», explique Béatrice Lauby-Secretan, scientifique au CIRC. Mais l'OMS repousse à plus tard le travail également essentiel de pondération de cet effet. L'institution collabore ensuite avec les autorités de santé nationales qui connaissent le contexte local. Béatrice Lauby-Secretan estime qu'il serait irresponsable d'at-

tendre de disposer de ces informations complémentaires pour communiquer les résultats. Car les individus pourraient déjà tenir compte de ces résultats dans leurs décisions quotidiennes.

L'OMS laisse donc aux journalistes le soin d'interpréter. Heinz Bonfadelli, ancien professeur à l'Institut de sciences de la communication et des médias à l'Université de Zurich, juge la démarche imprudente: «Je trouve problématique que, vis-à-vis des médias, l'OMS ne prenne pas en compte le contexte et omette de fournir des consignes.» Il suppose qu'elle ne le fait pas pour éviter les conflits avec certains groupes d'intérêts.

«La communication du risque est un exercice délicat, poursuit Heinz Bonfadelli. Mais il existe des méthodes pour produire moins de confusion.» L'OMS devrait notamment anticiper et «réfléchir à la



Les mises en garde de l'OMS n'épargnent pas ces saucisses préparées lors de la foire de l'OLMA à Saint-Gall. Photo: Keystone/Gian Ehrenzeller

manière dont l'information pourrait être déformée» lors de sa reprise par les médias. Si elle externalise complètement l'analyse du risque, ajoute-t-il, il faudrait que les autorités nationales soient informées par exemple deux semaines avant, afin d'avoir le temps de préparer ces informations pour les journalistes.

Les dégâts des risques relatifs

Michael Siegrist doute que cela puisse fonctionner: «Il n'y a pas que les consommateurs qui ne savent pas appréhender les risques, une bonne partie des autorités en est incapable.» Pour lui, le problème réside dans la communication de risques relatifs. L'OMS a écrit que le fait de consommer 50 grammes de charcuterie par jour augmentait de 18% le risque de développer un cancer du côlon. «Cette information est complètement inutile, affirme le

chercheur. En tant que consommateur, j'ai besoin de valeurs absolues pour être en mesure d'apprécier le risque.» D'après la Ligue suisse contre le cancer, quelque 4100 personnes développent chaque année un cancer du côlon en Suisse. Réduire dans tout le pays la consommation de viande pourrait abaisser ce chiffre à moins de 3500.

Selon Michael Siegrist, la communication de risques relatifs a des effets indésirables: «Elle influence la perception et pousse les gens à se faire plus de soucis, explique-t-il. Même des valeurs absolues semblent plus menaçantes lorsqu'elles s'accompagnent de valeurs relatives.» Pour lui, le fait que des organisations telles que l'OMS s'accrochent systématiquement aux valeurs relatives témoigne aussi de leur besoin de susciter l'attention.

L'OMS ignore si les mises en garde du CIRC sont utiles. Une analyse globale des

changements de comportements ou des types de cancer serait très complexe à mener, relève Béatrice Lauby-Secretan. «Nous savons néanmoins que suite à notre communiqué de presse, la consommation de viande transformée a connu un net recul», ajoute-t-elle. Pour Michael Siegrist, il est clair que «si l'OMS entend communiquer sérieusement avec le public, il faut qu'elle se familiarise avec la littérature qui traite de la communication du risque».

Florian Fisch est rédacteur scientifique au FNS.

—
G. Gigerenzer et al.: Helping doctors and patients make sense of health statistics. *Psychological Science in the Public Interest* (2008)
V. Bouvard et al.: Carcinogenicity of consumption of red and processed meat. *The Lancet Oncology* (2015)

Inégaux face à la maladie

Pourquoi des infections terrassent-elles certaines personnes, mais en épargnent d'autres? Des variations individuelles du génome sont en cause.

Par Marie-Christine Petit-Pierre

Depuis Angelina Jolie, tout le monde connaît les mutations des gènes BRCA1 et BRCA2, pour «Breast Cancer 1» et «2». On sait que ces altérations augmentent notablement le risque de cancer du sein et de l'ovaire. Elles illustrent parfaitement l'influence des variations génétiques sur notre santé.

La susceptibilité aux bactéries, virus et champignons est aussi influencée par les gènes. Pierre-Yves Bochud, médecin adjoint au service des maladies infectieuses du Centre hospitalier universitaire vaudois (CHUV), traque avec son équipe l'influence des variations génétiques individuelles sur la réponse immunitaire des patients face à certains agents infectieux, en particulier au virus de l'hépatite C.

Éviter les thérapies inutiles

Une variation du gène de l'interféron-lambda 4 entraîne une faille dans la réponse immunitaire qui réduit la capacité de l'organisme à se défendre contre l'hépatite C, voire à bien réagir au traitement. «Tout le monde peut produire une protéine antivirale nommée interféron-lambda 3, mais seules quelques personnes fabriquent, en plus, de l'interféron-lambda 4», explique Pierre-Yves Bochud. Cette molécule devrait agir telle une arme supplémentaire contre le virus de l'hépatite C – mais il n'en est rien. «Tout se passe comme si le système immunitaire s'épuisait en travaillant à vide, et n'était plus capable de combattre le virus.»

«La détection de cette variante génétique permettrait de personnaliser les traitements ou leur durée d'administration», poursuit Pierre-Yves Bochud. Et par exemple d'économiser chez les non-porteurs des semaines de prescription. Contrairement aux anciennes thérapies, les traitements actuels sont désormais efficaces dans 90% des cas, mais ils restent particulièrement chers – de 50 000

à 200 000 francs par patient. Un séquençage rapide, qui coûte une centaine de francs, pourrait aider à déterminer quel patient devrait recevoir le traitement.

Un traitement contre l'hépatite C coûte jusqu'à 200 000 francs.

Les variations des gènes des interférons-lambda 3 et 4 jouent également un rôle important dans la défense contre le cytomégalovirus, un virus à l'origine de maladies sévères lors de situations où le système immunitaire est affaibli, comme la cécité en cas de SIDA avancé ou le rejet d'organe dans les greffes. «On pourrait donner une prophylaxie aux patients à risque», propose Pierre-Yves Bochud.

Prédire le risque

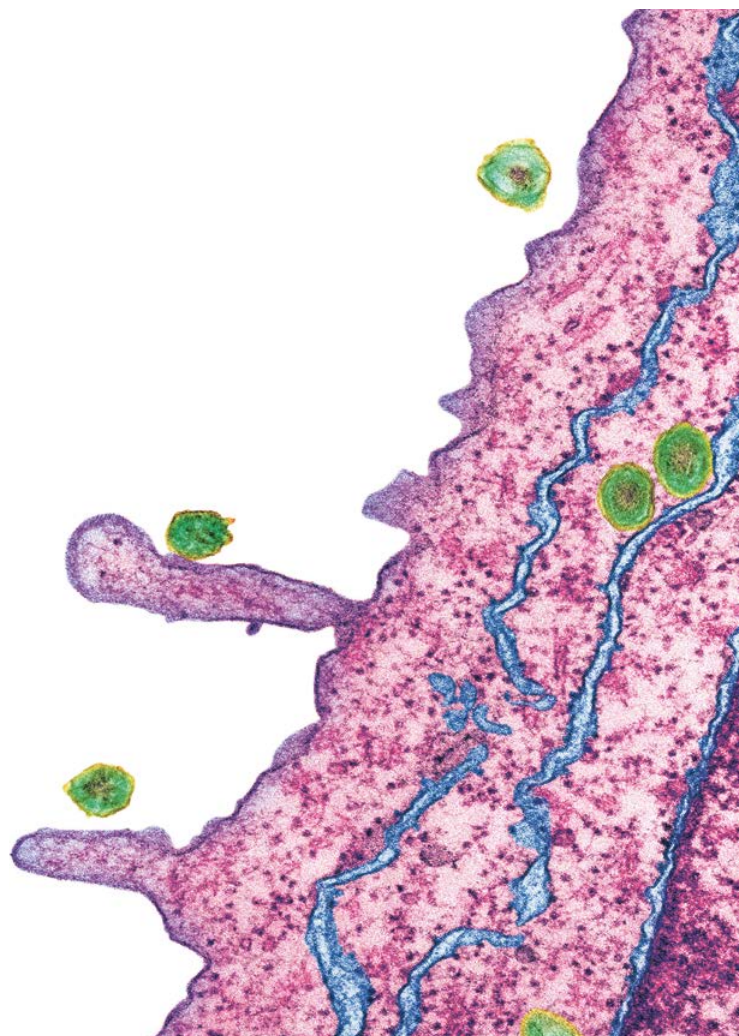
On retrouve le même type de mécanisme avec le gène PTX3, dont la variation rend les patients plus susceptibles de contracter l'aspergillose pulmonaire, une infection

fongique qui survient parfois chez les patients atteints de leucémie suite à l'administration de chimiothérapies intensives. Là encore, on est en mesure de prédire le risque et améliorer la prise en charge de manière individualisée.

Jean Villard, chef du laboratoire national de référence pour l'histocompatibilité aux Hôpitaux universitaires de Genève, pense aussi que ces recherches peuvent être utilisées en médecine préventive. Pourrait-on envisager de corriger, par thérapie génique, des variantes non favorables? «Non, estime Jean Villard, car c'est en général une constellation de mutations qui sont impliquées. Il est très difficile, voire impossible, de toutes les identifier et d'établir les relations entre ces variations génétiques. Celles-ci peuvent soit nous protéger soit nous rendre plus vulnérables à certaines maladies.»

Marie-Christine Petit-Pierre est journaliste indépendante.

A. Wójtowicz et al.: PTX3 polymorphisms and invasive mold infections after solid organ transplant. *Clinical infectious diseases* (2015)



Suivant le corps infecté, le virus de l'hépatite C (en vert) devra faire face à un autre système immunitaire. Photo: Keystone/Science Photo Library/Thomas Deerinck, NCMIR

Des bactéries résistantes dans les boues d'épuration

Cela ressemble à une course aux armements: chaque fois que l'industrie pharmaceutique développe un nouvel antibiotique, des bactéries résistantes apparaissent peu après. Leur émergence étant favorisée par une utilisation brève de médicaments en faibles doses, les installations d'épuration constituent un terreau fertile pour ces agents pathogènes. Dans les eaux usées, les antibiotiques sont en effet fortement dilués.

Une équipe de recherche menée par Philippe Corvini, professeur à la Hochschule für Life Sciences FHNW à Muttens, a découvert la manière dont une bactérie présente dans les boues d'épuration se protège contre une famille d'antibiotiques souvent utilisée, les sulfamidés. Elle a pu mettre en évidence un mécanisme jusqu'ici inconnu: la bactérie n'est pas seulement résistante aux effets de ces substances, elle s'en nourrit également.

Les chercheurs ont décrypté comment ce germe dégrade l'antibiotique sulfaméthoxazole et quels sont les gènes et les enzymes impliqués. Lors de ce processus de dégradation, le métabolisme de la bactérie peut assimiler certains produits intermédiaires, la benzoquinone et l'hydroquinone.

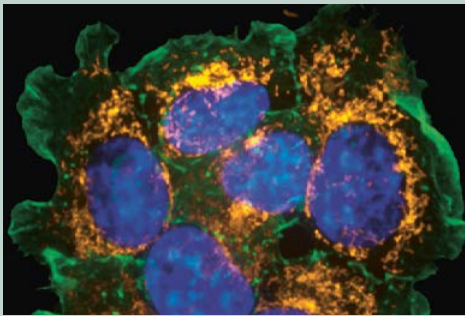
Le micro-organisme dispose par ailleurs d'une stratégie classique de résistance. Une enzyme normalement bloquée par les sulfamidés est modifiée, ce qui l'empêche d'être totalement inhibée. «La combinaison de ces deux mécanismes pourrait induire une sorte de super-résistance, qu'il vaudrait mieux ne pas voir se répandre», estime Philippe Corvini. La connaissance de ces mécanismes et des enzymes impliquées serait susceptible de contribuer à l'avenir au développement de meilleurs antibiotiques capables d'éluder ces résistances. *Angelika Jacobs*

B. Ricken et al.: Degradation of sulfonamide antibiotics by *Microbacterium* sp. strain BR1 – elucidating the downstream pathway. *New Biotechnology* (2015)



Un terreau fertile pour les bactéries résistantes aux antibiotiques.

Patricia Mero



Des gènes cruciaux pour les cellules cancéreuses (en bleu, les noyaux) ont été découverts.

Repérer les points faibles des tumeurs

Le nouvel outil de biologie moléculaire Crispr permet pour la première fois d'intervenir de manière rapide et précise dans les cellules vivantes. Si son éventuelle utilisation pour optimiser le patrimoine génétique humain est largement débattue, la technique sert avant tout à mener des recherches. Grâce à elle, des scientifiques canadiens ont étudié de façon systématique les faiblesses génétiques de cinq types de cellules cancéreuses.

Les chercheurs ont désactivé individuellement presque la totalité des 20 000 gènes humains in vitro et ont observé la croissance des cellules modifiées génétiquement. La fonction codante d'un brin d'ADN n'est pas jugée essentielle si les cellules continuent à se multiplier normalement. Dans le cas contraire, le gène est considéré comme vital.

Près de 1600 gènes se sont révélés indispensables pour toutes les cellules étudiées. Les scientifiques ont également identifié quelque 2500 gènes qui étaient uniquement utiles à la croissance de certains types de cellules cancéreuses.

«La lutte contre le cancer devrait à l'avenir cibler précisément ces caractéristiques spécifiques», souligne Michael Aregger, un chercheur du Donnelly Centre de Toronto soutenu par le FNS. Si on arrive à fabriquer des substances actives capables d'inhiber un gène, par exemple celui qui est uniquement utile à la croissance des cellules cancéreuses de l'intestin, on pourra alors réaliser un vieux souhait de la médecine: trouver un remède qui s'attaque aux cellules cancéreuses sans porter préjudice aux cellules saines. *Ori Schipper*

T. Hart et al.: High-resolution CRISPR screens reveal fitness genes and genotype-specific cancer liabilities. *Cell* (2015)

Mieux vaut faucher que laisser en pâture

La productivité des prairies diminue lors des étés secs, et les pertes sont encore plus nettes quand les parcelles sont régulièrement pâturées plutôt que fauchées. C'est ce que montre une étude menée dans les montagnes du Jura suisse par les centres de recherche Agroscope et WSL, l'EPFL et trois instituts français.

Pour simuler cette sécheresse estivale, les chercheurs ont recouvert certaines surfaces au moyen de tunnels maraîchers. La comparaison avec les parcelles laissées à l'air libre et exposées aux précipitations a confirmé une baisse de rendement des herbages soumis à un stress hydrique.

Les deux types de prairies ont par ailleurs été divisés en surfaces occupées par des moutons ou régulièrement fauchées. Le rendement des parcelles arrosées et pâturées a été inférieur d'environ 15% à celui des parcelles fauchées. Dans un environnement sec, les pertes ont été deux fois plus importantes. «Contrairement aux études antérieures sur l'impact de la sécheresse, nous avons pour la première fois mis en parallèle deux pratiques agricoles en Suisse», explique Claire Deléglise, chercheuse à Agroscope et première auteure de l'étude. Lors de l'essai, cinq pâtures ont été comparées à trois parcelles fauchées.

Les sécheresses estivales sévères pourraient à l'avenir devenir plus fréquentes en Europe centrale. Les résultats enregistrés ne sont valables que pour la situation prévalant dans le Jura. «Il existe toutefois des modèles phytophysologiques grâce auxquels on tente de calculer l'impact des changements climatiques sur l'agriculture. Nos résultats sont utiles pour calibrer de tels modèles», souligne la scientifique. *Stéphane Hess*

C. Deléglise et al.: Drought-induced shifts in plants traits, yields and nutritive value under realistic grazing and mowing managements in a mountain grassland. *Agriculture, Ecosystems & Environment* (2015)



Les chercheurs ont simulé un été sec grâce à ce tunnel maraîcher.

Claire Deléglise



L'ancienne raffinerie de Collombey en Valais: l'industrie pétrolière utilise depuis des décennies la production en continu. Les chimistes peinent encore à le faire pour l'élaboration de médicaments.

Photo: Luca Zanier by Keystone



L'usine chimique mobile

Fabriquer des substances chimiques 24 heures sur 24 en minimisant les pertes: c'est la promesse de la production en continu. La pharma tente ses premiers pas vers la «flow chemistry». *Par Sven Titz*

La production industrielle de médicaments ressemble à une course d'obstacles. Elle passe par une longue chaîne de processus distincts: remplir les cuves de brassage les unes après les autres et entamer les réactions chimiques en série. Les différentes étapes prennent place parfois dans des endroits différents, ce qui allonge encore le temps de fabrication.

Tout cela pourrait bientôt appartenir au passé: ces anciens processus sont appelés à être remplacés par la production en continu. Le mot magique: la «flow chemistry», qui doit permettre d'élaborer des substances sans interruption.

Un seul flux du début à la fin

Les substances de départ sont progressivement ajoutées dans un flux de réactions. Des mesures de contrôle et des rétroactions garantissent que la production se déroule correctement. L'avantage: les entreprises pharmaceutiques pourraient non seulement développer et fabriquer plus rapidement des médicaments, mais aussi utiliser moins d'énergie et de produits chimiques – de quoi réduire les coûts jusqu'à 30%. De nombreuses entreprises telles que Pfizer, GlaxoSmithKline, Novartis ou encore Lonza cherchent à intégrer ces nouvelles techniques de production.

«Il n'y pas de restrictions sur la palette des produits.»

Roger Marti

En 2007, des chercheurs de Novartis et du MIT se sont fixé un objectif ambitieux: développer le premier laboratoire fabriquant des médicaments selon un mode de production en continu. Une installation expérimentale a été achevée en 2012 à Boston. Toutes les étapes, depuis la chimie

jusqu'à l'enrobage des comprimés en passant par la purification, y sont intégrées. Le responsable de l'équipe, Bernhard Trout du MIT est convaincu du potentiel de ce nouveau concept: «Nous pouvons produire chaque remède de manière plus efficace et en générant moins de déchets.» La spin-off du projet, Continuous Pharmaceuticals, travaille près de Boston à transformer ces laboratoires pilotes en des installations industrielles de fabrication de médicaments.

L'industrie pétrolière a déjà démontré que les processus en continu sont rentables. Les raffineries les utilisent depuis des décennies, par exemple pour la production de matières plastiques. D'autres branches ont commencé à s'y intéresser il y a une dizaine d'années: baisses des bénéfices et concurrence accrue ont poussé l'industrie pharmaceutique à développer des modes de fabrication plus efficaces et plus souples.

La production en continu ne se limite pas aux préparations pharmaceutiques. «Il n'y pas de restrictions sur la palette des produits», note Roger Marti de la Haute école d'ingénierie et d'architecture de Fribourg. De grandes quantités de produits chimiques de base et des produits chimiques raffinés complexes peuvent être élaborés de cette façon, même des polymères et des nanoparticules.

Des composants plus petits

Intégrer la «flow chemistry» dans le domaine pharmaceutique exige de miniaturiser les systèmes de réaction. Dans cette branche, les quantités produites, notamment au stade du développement, sont beaucoup plus faibles que dans l'industrie pétrolière. «La miniaturisation a aussi ses avantages pour la chimie, poursuit Roger Marti. Des réactions peuvent être menées à des températures plus élevées.»

Les chercheurs ont mis au point des petits tubes et des microréacteurs spéciaux en acier, verre ou plastique, ainsi



La vision du projet européen F3: une mini-usine chimique standardisée et transportable par container.

Photo: Invite GmbH

que de nouveaux équipements pour mélanger ou chauffer les substances. Car simplement réduire le format des équipements traditionnels peut entraver leur bon fonctionnement.

Les microréacteurs FlowPlate de l'entreprise Lonza illustrent cette miniaturisation. Réalisés en quatre tailles différentes, ils sont adaptés à un flux qui va de quelques millilitres à un demi-litre par minute. Ils peuvent se combiner de manière modulaire et ainsi s'adapter aux différentes quantités spécifiées.

Selon l'entreprise, ce système est bien adapté pour développer un nouveau procédé chimique en laboratoire et l'incorporer ensuite dans une ligne de production. Le design modulaire permettrait d'économiser de la place et de réduire les coûts de fabrication. Il offrirait en outre des conditions de réaction plus sûres, même pour des substances de départ hautement réactives ou toxiques. Des opérations de mélange rapides, un échange de chaleur efficace et le pilotage précis du temps de réaction permettraient d'augmenter les rendements. Lonza dit avoir déjà testé avec succès différents types de processus: des réactions, par exemple avec du brome ou du chlore, entre liquides et gaz, ou encore des oxydations.

L'usine flexible

L'industrie est tributaire de tels systèmes modulaires. Si les entreprises pharmaceutiques veulent massivement se tourner vers la «flow chemistry», elles auraient avantage à recourir à des systèmes modulaires. Ils pourraient être déployés plus rapidement et faciliter le transfert des pro-

cessus du laboratoire à la phase pilote et de production – un bond qui fait passer les quantités de quelques millilitres par an à plusieurs mètres cubes.

Le développement de tels modules constituait le cœur du projet européen F3 Factory, qui a rassemblé entre 2009 et 2013 un grand consortium d'entreprises et d'instituts de recherche. Leurs dimensions s'alignent sur celles de containers de marchandise (6 mètres de long sur 2,4 mètres de largeur et de hauteur), en mesure d'héberger 40 modules. Les modules du projet ont notamment élaboré des intermédiaires chimiques pour un médicament test contre le cancer.

«Nous pouvons produire chaque remède de manière plus efficace et avec moins de déchets.»

Bernhard Trout

Leur développement se poursuit dans le centre de recherche Invite à Leverkusen, commun à l'Université technique de Dortmund et aux Bayer Technology Services. On y peaufine les systèmes de régulation et travaille à la préparation de substances actives pour les médicaments. «Ce n'est pas pour rien que notre centre s'appelle Invite», glisse son ancien directeur Thomas Bieringer. Nous sommes le fruit d'une coopération public-privé, et des partenaires externes sont invités à développer et à tester avec nous de nouveaux processus en continu.»

L'objectif est clair, mais les obstacles subsistent. «Lors d'une partie des processus, il arrive que des canaux se bouchent», explique Thomas Bieringer. Des matières solides qui bloquent le processus se forment parfois pendant les réactions. Les scientifiques cherchent alors à contrôler les conditions de réaction, notamment grâce à des boucles de rétroaction. Si cela marche, un risque de blocage peut être détecté dès qu'il se prépare et ainsi être évité.

La pharma est loin de pouvoir exploiter tout le potentiel de la chimie en flux. Les chercheurs tentent par exemple d'y incorporer des processus de cristallisation, ce qui faciliterait la fabrication de médicaments sous forme de comprimés. Les professionnels devront de toute façon rendre les processus suffisamment sûrs pour que les lignes de production soient homologuées par les autorités. Tout cela demande du temps. Mais un jour peut-être, les comprimés posés sur notre table de nuit seront fabriqués dans une mini-raffinerie.

Le journaliste scientifique Sven Titz vit à Berlin et écrit régulièrement pour la NZZ, le Tagesspiegel et Welt der Physik.



La maison allemande BIQ produit de la biomasse à partir d'algues et inspire les chercheurs.

Carburant solaire

Les ingénieurs cherchent depuis longtemps à imiter la photosynthèse naturelle afin de produire, grâce à l'énergie solaire, de l'hydrogène à partir de l'eau. On pourrait ainsi obtenir du carburant pour les moteurs ou des piles à combustible. Le groupe de travail d'Artur Braun à l'Empa s'est rapproché de cette photosynthèse artificielle.

Le biophysicien travaille sur des cellules photoélectrochimiques dans lesquelles un semi-conducteur tel que l'oxyde de fer est combiné à des protéines de cyanobactéries. Son équipe est maintenant parvenue à mesurer, au moyen de rayons X, les processus physiques à l'œuvre entre les biomolécules et le semi-conducteur. «Nous pouvons mettre en évidence de manière précise la réaction physique de la cellule à l'interface», relève le chercheur.

Ces expériences montrent que deux stratégies différentes sont susceptibles d'être réunies en matière de photosynthèse artificielle. Il y a, d'un côté, celle des biochimistes qui misent sur l'utilisation de molécules biologiques et, de l'autre, celle des ingénieurs qui reproduisent le système biologique au moyen de matériaux inorganiques. La cellule photoélectrochimique d'Artur Braun est ainsi comparable à celle du pionnier de l'énergie solaire Michael Grätzel de l'EPFL. «Notre hybride alliant matière vivante et non vivante génère plus d'hydrogène que le simple oxyde de fer», précise le scientifique.

Les mesures des processus à l'interface entre les biomolécules et l'oxyde de fer sont nécessaires afin de promouvoir l'utilisation de systèmes énergétiques biologiques capables de se régénérer eux-mêmes. Michael Grätzel soutient la stratégie d'Artur Braun: «Les travaux portant sur de l'oxyde de fer et des protéines de bactéries sont prometteurs.» *Stefan Stöcklin*

A. Braun et al.: Biological components and bio-electronic interfaces of water splitting photoelectrodes for solar hydrogen production. Chemistry – A European Journal (2015)

Holographie d'un virus

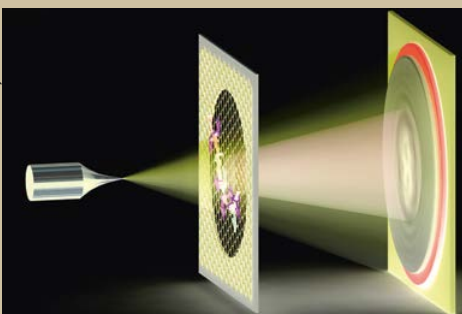
Les biologistes rêvent de pouvoir prendre des images de molécules individuelles. Des chercheurs de l'Université de Zurich se sont rapprochés de cet objectif au moyen d'une nouvelle technique. Grâce à l'holographie électronique, ils ont pu visualiser la forme détaillée d'un seul virus avec une précision inégalée.

Des représentations précises de la structure spatiale et chimique de biomolécules individuelles sont essentielles pour développer des médicaments. Les méthodes traditionnelles telles que la résonance magnétique nucléaire (RMN), la cristallographie aux rayons X ou la microscopie électronique permettent uniquement de reproduire la structure moyenne de nombreuses molécules. Grâce à l'holographie électronique, l'équipe zurichoise est parvenue à produire une image d'un virus de la mosaïque du tabac avec une résolution de l'ordre du nanomètre.

Cette technique se base sur le fait que les électrons se comportent également comme des ondes. Si l'on irradie une molécule avec des électrons, leur onde se déforme partiellement. La partie déformée se superpose dans un détecteur avec la partie non déformée et génère ainsi un hologramme. La technique fonctionne sans lentilles, ce qui évite des distorsions et permet d'obtenir des images plus nettes. Grâce à leur faible énergie, les électrons n'endommagent guère la molécule.

«L'holographie électronique offre la possibilité de produire des images encore plus nettes, sur lesquelles chaque atome d'une biomolécule est visible», souligne Jean-Nicolas Longchamp, auteur principal de l'étude. On pourrait ainsi examiner de manière précise comment des médicaments se fixent sur leurs cibles dans notre organisme. *Leonid Leiva*

J.-N. Longchamp et al.: Low-energy electron holographic imaging of individual tobacco mosaic virions. Applied Physics Letters (2015)



Précision au nanomètre: l'holographie électronique éclaire l'infiniment petit.



Objectif: moins de suie dans les gaz d'échappement.

De l'oxygène dans votre moteur

Le développement de moteurs «propres» fait rêver de voitures électriques ou à hydrogène. Mais en attendant, les moteurs à combustion peuvent et devraient être encore améliorés. Certaines études se consacrent ainsi à l'optimisation de la formule des carburants actuels, notamment avec des diesels dits «oxygénés». «Leur combustion libère bien moins de particules et de suie que les diesels traditionnels», explique Stefano Iannuzzi d'ETH Zurich. Revers de la médaille, ils ne sont pas compatibles avec nos moteurs actuels, notamment parce qu'ils s'évaporent dès une température de 42°C.

Le chercheur a étudié divers diesels oxygénés de la famille des OME, des éthers obtenus à partir de gaz naturel. Il a notamment quantifié la formation de suies lors de la combustion des OME à l'aide d'outils d'analyse tels que des spectromètres. Parmi tous les carburants au banc d'essai, les mélanges d'OME et de diesel conventionnel se sont démarqués: «Plus les OME du mélange sont riches en oxygène, moins ils libèrent de suie lors de la combustion», observe Stefano Iannuzzi. Et c'est efficace: ajouter 5% de diesel oxygéné dans un carburant commercial permet de réduire les suies de près de 30%.

Mais les essais ont été réalisés dans des conditions de laboratoire et non dans des moteurs. Stefano Iannuzzi veut désormais vérifier si ces mélanges fonctionneront bien en conditions réelles. *Fabien Goubet*

S.E. Iannuzzi et al.: Combustion behavior and soot formation/oxidation of oxygenated fuels in a cylindrical constant volume chamber. Fuel (2016)

Chefs de village et juges à la fois

Martina Santschi se rend régulièrement dans l'un des pays les plus dangereux au monde: le Soudan du Sud. L'anthropologue de l'institut Swisspeace veut comprendre comment un nouvel Etat fragile peut tirer parti des structures sociales existantes.



« Tout le monde me pose la question de la sécurité. Mais au début, c'est surtout la sécheresse qui m'a paru comme hostile: lorsque tous les ruisseaux sont à sec, que les arbres dressent leurs branches desséchées vers le ciel et que le sol se fissure. La première fois, je me suis demandée si j'allais être capable de supporter ça longtemps. J'ai grandi dans une ferme, dans un village au bord du lac de Thoune, et j'aime les prairies grasses et vertes. Mais d'un autre côté, je n'ai pas tardé à être frappée par certaines similitudes entre l'Oberland bernois et le Soudan du Sud. Les vaches revêtent une très grande valeur dans ma famille, tout comme dans les régions où je mène mes recherches. Leur importance pour la société joue un rôle dans mon travail scientifique.

Je ne m'occupe pas d'économie laitière ni d'élevage: j'étudie l'interaction entre les structures sociales existantes et l'émergence d'un nouvel Etat au Soudan du Sud. C'est la plus jeune nation d'Afrique: son indépendance date du 9 juillet 2011. Je m'y suis rendue pour la première fois en 2007 dans le cadre de ma thèse de docto-

rat en anthropologie sociale à l'Université de Berne. Il s'agissait encore d'une partie du Soudan à l'époque. Depuis, j'y retourne régulièrement. Pour ma thèse, j'ai effectué deux séjours de huit mois sur place et quelques séjours moins longs pour d'autres projets. Je m'intéresse tout particulièrement aux autorités traditionnelles, à la gouvernance locale et aux tribunaux d'arbitrage.

Ces tribunaux s'occupent de litiges concrets, et c'est là que les vaches entrent en jeu. Les cas portent souvent sur des dots. «Vous me devez encore une vache», réclame parfois le père de la mariée à la famille du gendre. Ceux qui s'estiment lésés déposent alors plainte auprès d'un chef de village qui convoque les autres membres du tribunal. On auditionne les témoins, chacun a l'occasion de se faire entendre. Le tout peut prendre plusieurs heures. Le procédé me paraît très impressionnant parce qu'au final, ce n'est pas le chef du village qui décide. L'enjeu est en effet avant tout de trouver un compromis. Il est rare que quelqu'un finisse emprisonné, sauf en cas de délit grave comme un meurtre. Sur le plan scientifique, on



constate que malgré des années de guerre civile, des zones prétendument de non-droit et hors d'atteinte de l'Etat ont conservé des systèmes de gouvernance qui fonctionnent.

Chaussette noire, chaussette bleue

Lorsque j'ai mené des entretiens sur place, j'étais accompagnée d'un traducteur et avais un téléphone satellite avec moi pour les urgences. Le Soudan du Sud est une région de conflit, et je ne suis pas inconsciente: je m'informe vraiment bien avant de me rendre quelque part. Dans les villes, je ne dors que dans des lieux sécurisés. A la campagne, le contrôle social est plus important et là, il m'arrive de dormir sous tente ou de loger dans de simples auberges. Je ne me suis retrouvée que deux ou trois fois dans des situations critiques. Un risque vient des hommes armés en uniforme, imprévisibles. J'ai aussi attrapé la malaria, malgré la prophylaxie.

Les rapports de confiance avec mes contacts et mon traducteur sont essentiels. Mareng Chuor était déjà mon interprète pendant ma première recherche de terrain.

J'ai logé dans sa famille. Nous avons vite brisé la glace: un matin, ils ont remarqué que je portais une chaussette noire et une chaussette bleue. Ça nous a fait beaucoup rire et Mareng a dit: 'C'est bien de voir que toi aussi, tu es juste un être humain.'

Le bilan de ma recherche? Peut-être le constat qu'il existe des institutions locales qui fonctionnent très bien et jouent un rôle important dans la gouvernance. Les acteurs externes – tels que les agences onusiennes ou les organisations non gouvernementales – se concentrent souvent sur les lois et sur le niveau national. Ils accordent moins d'importance à la mise en œuvre concrète et à son efficacité. Une nouvelle loi foncière qui paraît utile a priori peut défavoriser les pauvres dans la pratique: s'ils ne peuvent assumer les frais d'enregistrement dans les offices, ils finissent par perdre leurs terres.



Propos recueillis par Christian Weber

L'assemblée villageoise de Mangartong (Aweil East County) élit un nouveau membre du tribunal d'arbitrage. A gauche: Martina Santschi et le traducteur Wyiual Lam en route près de Yuai, après avoir poussé leur véhicule pour traverser une rivière.

Photos: Martina Santschi et Rachel Gordon



Provoquée par le réchauffement, une ère glaciaire instantanée fige New York. Le scénario paradoxal du block-

La fin du monde et ses vertus

Films catastrophe et livres de science-fiction font plus que nous divertir: ils influencent nos valeurs.

Par Susanne Leuenberger



buster «Le jour d'après» a sensibilisé les gens au changement climatique. Photo: Keystone/Everett Collection

La vue aérienne explore la beauté sublime et terrifiante d'un univers de glace qui semble s'étirer à l'infini: l'étendue antarctique remplit l'écran. Des silhouettes humaines apparaissent dans le champ, des scientifiques qui prélèvent des carottes de glace. Le paléoclimatologue Jack Hall est parmi eux. Tout à coup, une plaque se détache, ouvrant une crevasse entre les chercheurs et les échantillons. Jack Hall saute par-dessus l'abîme pour sauver ces prélèvements. Il risque sa vie pour sa recherche, mais aussi pour la survie de l'humanité.

Jack Hall est le héros du film catastrophe à 125 millions de dollars «Le jour d'après», sorti en 2004. C'est l'un des rares blockbusters à avoir placé le

réchauffement climatique au cœur de son propos. Son scénario dramatique d'un monde enseveli sous la glace à cause du réchauffement climatique et son succès commercial ont eu un effet au-delà des salles: la hype autour du film ont incité de véritables scientifiques à commenter publiquement le film (ils ont jugé invraisemblable et purement fictive l'éventualité d'une ère glaciaire déclenchée par le réchauffement climatique).

Des études comme celle du Yale Project on Climate Change Communication indiquent que ces images d'un monde ravagé et tout à coup pétrifié par la glace ont eu un impact: après avoir vu le film, les spectateurs se disaient bien plus soucieux du climat qu'avant.

La fiction sensibilise à la réalité

L'anthropologue culturelle Alexa Weik von Mossner a visionné ce film d'action de nombreuses fois, même si elle «ne trouve pas l'histoire particulièrement réussie» et déplore «les nombreux clichés». A l'Institut d'études anglaises et américaines de l'Université de Klagenfurt (Autriche), elle étudie la manière dont le cinéma, la littérature et les documentaires traduisent le réchauffement climatique et ses conséquences possibles en récits catastrophe et fictions post-apocalyptiques. Sa conclusion: «Des œuvres de fiction comme 'Le jour d'après' peuvent contribuer à sensibiliser le grand public aux risques du changement climatique.»

Dans une nouvelle monographie à paraître, Alexa Weik von Mossner analyse

«Le cerveau ne fait ici pas de distinction entre fiction et réalité.»

Alexa Weik von Mossner

notamment le roman «The Road» de Cormac McCarthy. Le livre, qui a reçu le prix Pulitzer en 2007, raconte l'histoire d'un père et de son fils qui tentent d'atteindre la côte dans une Amérique post-apocalyptique. La Terre est pratiquement dépeuplée et la température proche de zéro depuis qu'un cataclysme inconnu a obscurci le ciel. Alexa Weik von Mossner examine la manière dont le texte et son adaptation cinématographique ultérieure traduisent la vie dans un monde dévasté en termes narratifs et cinématographiques, et la rendent perceptible au niveau sensoriel. Pour son travail, la chercheuse recourt au concept d'«embodied cognition», selon lequel la cognition est liée à nos émotions et à nos expériences physiques.

Littérature et neurologie

Alexa Weik von Mossner complète son analyse avec des connaissances issues du volet neurologique des sciences affectives. Différentes expériences indiquent que les actions et les récits que le spectateur découvre au cinéma stimulent les mêmes régions du cerveau que le vécu réel: «Là, le cerveau ne fait apparemment pas de distinction entre fiction et réalité», note la chercheuse. Il est donc possible d'utiliser la fiction pour renforcer la conscience du risque et sensibiliser aux scénarios d'avenir.

Cette approche interdisciplinaire de la fiction est assez nouvelle, mais pourrait faire école. L'analyse littéraire et cinématographique a longtemps porté l'empeinte de la psychanalyse et de la critique sociale. Cependant, depuis quelques années, elle se rapproche des neurosciences et s'interroge sur les dimensions cognitives et affectives de la fiction.

Intégrer des résultats issus de la neurologie à l'analyse cinématographique n'est pas simple, car des traditions de recherche différentes doivent être incorporées. Alexa Weik von Mossner en est consciente. Il existe selon elle un besoin de traduction entre sciences culturelles et recherche cognitives: «L'analyse de toute une séquence de film doit être ramenée à des facteurs mesurables.» Néanmoins, prendre en compte des résultats issus de la neurologie permet de démontrer l'influence de la fiction sur la «vraie vie» et de compléter ainsi une analyse cinématographique ou littéraire qui se concentre sur le contenu.

Plus qu'un divertissement

Ce point de vue est partagé par Robert Blanchet, chercheur au séminaire de cinéma à l'Université de Zurich, qui consacre ses travaux à l'impact affectif des films. Dans le cadre du projet «The Medium of Love», il étudie l'empathie que ressent le spectateur pour les personnages: «Je considère l'empathie comme une condition nécessaire pour développer de la sympathie ou de l'antipathie envers un personnage réel ou fictif», précise-t-il. Robert Blanchet étudie entre autres les mécanismes à l'œuvre lorsque des fans suivent les héros d'une série comme «The Sopranos», «The Wire» ou «Mad Men» sur une longue période. Sa recherche se base sur des éléments issus des neurosciences et de la socio-psychologie, alors que ses prémisses théoriques trouvent leurs fondements dans la philosophie de l'esprit.

«Il est évidemment impossible d'étayer de manière empirique toutes les questions qui se posent en sciences humaines», note Robert Blanchet. Ce n'est

pas nécessaire non plus.» Mais à ses yeux, il est souvent utile de vérifier s'il existe des études empiriques qui appuient ou contredisent les conclusions d'une recherche en sciences humaines. Comme Alexa Weik von Mossner, Robert Blanchet part du principe qu'au niveau affectif, les spectateurs traitent de manière analogue leurs expériences réelles et ce que leur fait ressentir la fiction.

Matthias Hofer étudie à la Michigan State University la façon dont les valeurs et les normes véhiculées par les médias influencent le comportement social comme le soutien à autrui. Ses résultats intermédiaires indiquent qu'après avoir lu des articles de journaux évoquant les victimes de catastrophes naturelles ou des enfants qui meurent de faim, les gens sont plus enclins à aider autrui que ceux qui lisent des récits de vacances. Ces travaux s'ajoutent aux nombreuses études qui indiquent que le fait d'être exposé à des scénarios catastrophe, dans la réalité ou dans la fiction, représente finalement plus qu'un simple divertissement.

Susanne Leuenberger est journaliste à Berne.

«Je ne vois pas d'autre option que la voie multilatérale»

Afflux de migrants, réchauffement climatique, crise de l'euro: les négociations marathon qui débattent des problèmes globaux semblent souvent aboutir à des impasses. Une impression trompeuse, selon l'historienne Madeleine Herren-Oesch.
Par Anita Vonmont

Les grandes conférences internationales ne débouchent aujourd'hui souvent que sur de simples déclarations d'intention. Des décisions contraignantes sont-elles encore possibles, comme l'interdiction en 1987 des gaz CFC pour protéger la couche d'ozone?

Les décisions très concrètes sont effectivement devenues plus difficiles. Les acteurs sont beaucoup plus nombreux qu'il y a trente ans. Les hommes politiques et les diplomates occidentaux ne sont plus les seuls à trancher à la table de négociation. Les pays émergents et en développement ont du poids et sont aussi mis à contribution. Une société civile internationale représentée par divers groupes d'intérêt influence également les débats. Les différences régionales doivent être prises en compte. Les bases des négociations et des décisions sont devenues plus complexes et cela rend un consensus plus difficile.

L'accord adopté par 195 Etats lors du sommet sur le climat à Paris en décembre 2015 est considéré comme un succès. Partagez-vous cet avis?

Cela dépend des points de vue. Le fait que les Etats aient pu s'entendre sur des objectifs climatiques ambitieux est certainement un succès. Dans le même temps, on ne sait pas à quel point les formulations sont contraignantes et si ce sommet tiendra réellement ses promesses au moment de la mise en œuvre.

La voie multilatérale est-elle encore la bonne?

Je ne vois pas d'autre option. Dans un monde globalisé, les problèmes ne peuvent et ne doivent pas seulement être appréhendés par certains acteurs. Nous n'avons pas d'autre choix que de nous battre pour des solutions aussi bonnes que possible lors de négociations bénéficiant d'une large assise.



L'Europe montre comment composer de manière pacifique avec des intérêts divergents, remarque Madeleine Herren-Oesch. Photo: Valérie Chételat

Comment les Etats européens peuvent-ils par exemple trouver un accord sur une clé de répartition des réfugiés?

Il n'y a pas de recette miracle. De telles négociations impliquent des efforts de longue haleine. Mais même si les pourparlers au sein de l'Union européenne ne produisent pas d'effets tangibles, cela ne signifie pas que les résultats sont nuls. Les décisions ne sont pas seulement liées à des accords entre les Etats, mais se développent au cours du débat politique, et celui-ci a manifestement sensibilisé beaucoup de gens. La culture de l'accueil de l'Allemagne m'a impressionnée. J'ai été surprise de la rapidité avec laquelle les universités allemandes se sont ouvertes après l'arrivée des premiers réfugiés syriens. En l'espace de quinze jours, le gouvernement berlinois a fait sauter l'interdiction d'étudier pour les demandeurs d'asile! Un important processus d'intégration a été enclenché, bien qu'aucune décision n'ait été prise au niveau de l'UE.

Des réformes sont-elles nécessaires afin que l'UE, l'ONU et les grands sommets mondiaux soient plus efficaces?

Oui, elles sont nécessaires et certaines sont déjà en cours. Les grands acteurs

internationaux ont besoin d'une légitimation sociale. Il faut éviter que la complexité crée des incertitudes et que les différents niveaux de négociation soient vus davantage comme une menace que comme une chance. L'Europe est ainsi souvent décrite comme en déclin, envahie par les réfugiés et proche de l'effondrement économique. Elle a pourtant été le théâtre de quelque chose de remarquable à la fin de la guerre froide: elle a permis d'intégrer l'Allemagne réunifiée au sein de l'UE dans le cadre d'un processus de transformation politique pacifique. Même si les tendances nationales et les menaces terroristes sont un sujet de préoccupation, l'Europe reste un exemple dans la manière d'appréhender pacifiquement des intérêts divergents.

Madeleine Herren-Oesch est professeure d'histoire contemporaine et directrice de l'Institut for European Global Studies à Bâle. Elle s'intéresse à l'imbrication de l'Europe dans un contexte global et à l'histoire des organisations internationales.

Anita Vonmont est journaliste scientifique à Bâle.

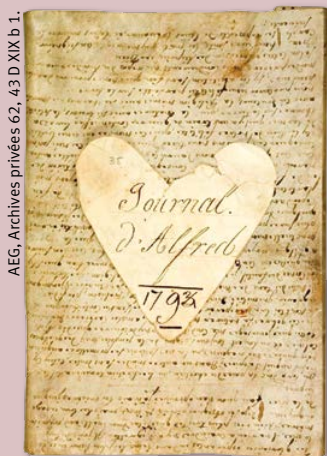
Le journal d'une mère

La famille occidentale connaît au XVIII^e siècle une évolution importante marquée par l'émergence d'un nouveau modèle maternel. Plus proche émotionnellement et physiquement de ses enfants, la mère est dotée d'un rôle éducatif qui va bien au-delà de sa fonction première de génitrice et nourricière. Ce changement est aussi largement perceptible en Suisse romande, montre la thèse de Sylvie Moret Petrini, menée sur les pratiques éducatives familiales et l'écriture du for privé.

L'historienne de l'Université de Lausanne a notamment analysé sept journaux d'éducation rédigés entre 1790 et 1820. Les auteurs sont de jeunes mères vaudoises et genevoises dont les origines sociales vont du pastoral à la bourgeoisie et à la noblesse. Elles consignent par écrit le développement de leur enfant dès la naissance. Ces textes offrent un témoignage privilégié des idées véhiculées à l'époque en matière d'éducation, ainsi que de leur réception et de la distance prise à leur égard.

Toutes, à une exception près, allaitent elles-mêmes leur bébé, une pratique fortement encouragée à partir du XVIII^e siècle pour lutter contre la mortalité infantile. La question de la santé occupe une place prépondérante dans les chroniques étudiées. «Investies d'une nouvelle responsabilité – celle d'assurer la survie de l'enfant –, les mères se servent de l'écrit pour souligner leur présence et leurs compétences», indique Sylvie Moret Petrini. Elles remettent parfois en question les prescriptions des médecins et les recommandations des pédagogues en usant de leur statut maternel et de leur expérience. *Marie-Jeanne Krill*

S. Moret Petrini: La plume, instrument d'affirmation de la mère éducatrice, in Danièle Tosato-Rigo (éd.): *Egocdocuments et pratiques sociales (XVI^e - début XIX^e siècles)*. Etudes de lettres, Lausanne, 2016



AEG, Archives privées 62.43 D XIX b 1.

Le développement du petit Alfred vu par sa mère.



La même signification, mais des usages différents.

Les nombreuses vies d'«aussi»

«**A**ussi» fait partie des mots les plus utilisés dans de nombreuses langues. Nous ne portons en général guère attention aux adverbes de ce type lorsque nous rédigeons un texte ou discutons, alors que nous les employons sans cesse. Il existe pourtant un nombre considérable de manières différentes d'utiliser «aussi» et ses équivalents italien «anche» et anglais «also».

Dans les textes écrits, l'adverbe est moins présent en français et en anglais qu'en italien. Cela est dû au fait que la langue de Molière et celle de Shakespeare connaissent des mots très proches comme «également» et «too», souligne la linguiste Anna-Maria De Cesare. Cette professeure boursière du FNS à l'Université de Bâle a constaté qu'un mot identique et apparemment sans importance mène, dans différentes langues, des vies très distinctes.

Dans un corpus de 750 000 mots trouvés sur les sites Internet de grands quotidiens français, anglais et italien, elle a choisi, pour son étude qualitative, 300 exemples constitués de plusieurs phrases. «On doit connaître le contexte des mots pour comprendre leur fonction», précise-t-elle. Son travail est précieux aussi bien pour la théorie que pour la didactique des langues. «On peut attirer l'attention d'une personne qui apprend une langue étrangère sur les particularités liées à l'emploi de ces adverbes.» *Urs Hafner*

A.-M. De Cesare: Additive Focus Adverbs in Canonical Word Orders. A Corpus-based Study of It. anche, Fr. aussi and E. also in *Written News*, in: *Linguistik online*, 2015

Naissance d'une déesse

C'est l'une des nombreuses divinités du panthéon égyptien: Mout, la mère. Elle est représentée sous la forme d'une femme, d'une lionne à tête humaine ou encore d'un vautour. Un temple qui lui est dédié à Karnak, non loin de Louxor, témoigne de sa popularité à l'époque des pharaons. Les travaux de l'égyptologue Michela Luiselli de l'Université de Bâle expliquent comment sa renommée s'est établie. Mout a d'abord eu une fonction politique, puis a développé sa propre dynamique, ce que ses promoteurs, les pharaons et les théologiens, n'avaient pas prévu.

Mout a été intronisée à Thèbes comme épouse du dieu Amon-Rê au cours de la XVII^e dynastie, pendant une période de guerre vers 1500 avant Jésus-Christ. Elle était censée légitimer la royauté, conforter sa domination et, en tant que divinité maternelle sous forme humaine avec une double couronne, incarner l'unité entre la Basse-Egypte et la Haute-Egypte.

Mout est devenue éminemment populaire sous la XVIII^e dynastie. De larges couches de la population la vénéraient lors de processions alliant musique, chants et prières, tout en la craignant lorsqu'elle prenait la forme d'une lionne. A une époque sombre marquée par la disette et les épidémies, les Egyptiens voyaient en Mout une menace à éliminer mais aussi un salut à implorer. La déesse instrumentalisée à des fins politiques s'est ainsi transformée en une divinité populaire ambivalente. *Urs Hafner*

M. Luiselli: Escaping fear and seeking protection. On the role of Mut in New Kingdom personal religion, in: Ch. Zivie-Coche (Ed.): *Le rôle de l'individu dans la religion égyptienne*. Cahiers «Égypte Nilotique et Méditerranéenne», 2016



Trustees of the British Museum

Parfois lionne, parfois vautour, ici humaine: Mout, déesse dangereuse mais populaire.

Le don de médicaments

Le système immunitaire produit sans cesse de nouveaux anticorps. Une start up tessinoise veut les utiliser pour produire des médicaments contre des virus.

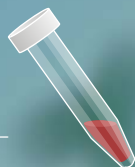
Journaliste: Florian Fisch

Infographie: ikonaut



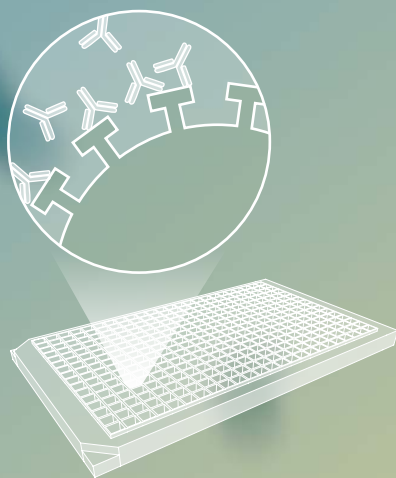
1. Les anticorps des patients guéris

Après avoir résisté à une maladie virale grave – par exemple le syndrome MERS – le système immunitaire recèle des anticorps efficaces. Humabs BioMed, une spin-off de l'Institut de recherches en biomédecine (IRB) à Bellinzzone, les prélève dans le sang des patients guéris.



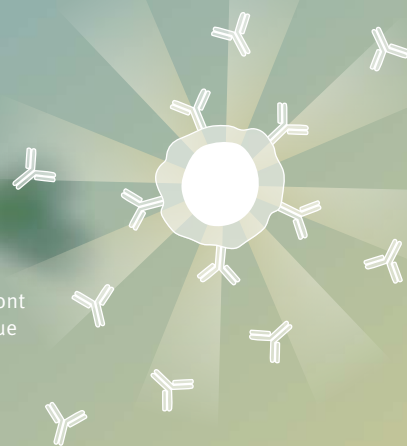
3. Isoler les bons anticorps

Des réactions chimiques menées dans de petites éprouvettes déterminent quel lymphocyte à mémoire, parmi les centaines de milliers qui sont fabriqués dans le corps, produit le bon anticorps et empêche le virus d'introduire son ADN dans la cellule hôte.



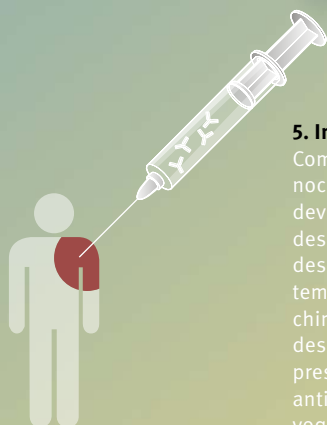
2. Des cellules immortelles

Les globules blancs qui produisent les anticorps – les lymphocytes B à mémoire – sont extraits du sang. Une technique brevetée par l'IRB les rend «immortels»: ils peuvent se reproduire indéfiniment.



4. Production grâce au génie génétique

Le gène du globule est isolé, légèrement adapté et transplanté dans des cellules de mammifères pour la production industrielle de l'anticorps.



5. Injection d'anticorps

Comme pour tous les médicaments, l'innocuité et l'efficacité des préparations devront être testées sur l'homme dans des études cliniques. Les avantages des anticorps: ils restent plus longtemps dans le sang que les substances chimiques et induisent plus rarement des effets secondaires, car ils se fixent presque uniquement sur leur cible. Les anticorps d'origine humaine ne provoquent guère d'allergies.

Economies: le Parlement doit récompenser la prise de risque

Par Maurice Campagna

Confédération, cantons et communes doivent économiser. Les économies ne sont pas forcément mauvaises – «Tagliare i rami secchi per poter far crescere quelli nuovi», comme on dit en italien. Elles constituent une bonne occasion de réfléchir à ce qui est vraiment important; renoncer à certaines choses permet d'en créer de nouvelles.

La liberté dans l'enseignement et la recherche, c'est-à-dire l'autonomie, est le pilier du monde académique. Nos meilleurs enseignants et chercheurs se concentrent sur des thématiques de recherche qui ont pour l'essentiel été fixées à l'échelle internationale.

La petite Suisse doit toujours se

demander ce qu'elle peut se permettre, où son argent est le mieux investi et s'il est utile de revoir ses priorités. Ce ne sont pas des questions faciles, et leurs réponses comportent des risques. Rien ne doit être tabou. Le Japon a récemment annoncé une réorientation des sciences humaines et de la recherche sur la fusion nucléaire.

Le Parlement est confronté au fait que les investissements dans la formation et la recherche – considérés de manière isolée et à court terme – sont hasardeux. Malgré l'accélération des processus de recherche, par exemple grâce aux simulations menées sur des puissants ordinateurs, des résultats concrets ne peuvent

en général pas être atteints en l'espace d'une législature. Leur mise en œuvre dans des applications pratiques avec des retombées économiques palpables est encore plus aléatoire.

Investir dans la formation et la recherche est un travail de longue haleine. La Confédération et les cantons devraient en premier lieu créer un terreau sur lequel une recherche de qualité puisse se développer. Un terreau qui encourage notamment les chercheurs et les chercheurs qui ont le feu sacré, même si leur chemin est long et parsemé d'embûches. Lorsque de jeunes scientifiques motivés consacrent, souvent avec des collègues plus âgés et expérimentés, leurs années les plus créatives à la recherche, ils prennent un risque considérable. Cette prise de risque doit être récompensée par les bailleurs de fonds.

Le Parlement n'est pas seulement confronté aux impondérables de la formation et de la science. Il doit aussi garder à l'œil l'ensemble du budget fédéral, avec un horizon à long terme. Le fait que les scientifiques se vendent souvent de façon maladroite, contrairement par exemple aux agriculteurs, ne facilite pas les choses. Est-il raisonnable de réduire de manière particulièrement drastique les investissements prévus dans la formation, la recherche et l'innovation? A une époque où l'on devrait notamment investir dans les cerveaux? Ces coupes budgétaires ne risquent-elles pas de nuire de façon irréversible à l'image de notre pays, justement auprès des jeunes talents?

Maurice Campagna est président des Académies suisses des sciences depuis le 1er janvier 2016.



Valérie Chételat

17 et 18 mars 2016

Droits politiques pour les étrangers?

Ce thème à l'actualité brûlante est débattu lors des Journées argoviennes de la démocratie.

Maison de la culture et des congrès, Aarau

7 au 9 avril 2016

Changement social et médias

Le congrès annuel de la Société suisse des sciences de la communication et des médias thématise cette évolution.

Université de Fribourg

8 avril 2016

Responsabilités éthiques et juridiques en matière de recherche internationale

Le symposium aborde cette thématique sur la base d'exemples concrets.

Maison des Académies, Berne

Jusqu'au 10 avril 2016

Nous mangeons le monde

Une exposition interactive sur l'alimentation, l'environnement et le commerce.

Musée d'histoire naturelle, Lucerne

Du 5 mars au 26 mai 2016

Sous le signe des avant-gardes

A l'occasion de leurs 25 ans, les Archives littéraires suisses présentent l'exposition «DADA original».

Bibliothèque nationale suisse, Berne

Jusqu'au 25 juin 2017

Dinosaures numériques: les géants des Kem Kem

Atelier interactif pour adolescents
Muséum d'histoire naturelle, Genève

Courrier des lecteurs

Des «architectes en sciences naturelles» sont nécessaires

A propos de l'article «L'interdisciplinarité remet en question l'université» (Horizons n°107, décembre 2015, p. 29).

L'architecte est presque un généraliste du bâtiment et travaille toujours de façon interdisciplinaire. Il est artiste, ingénieur, expert en énergie et en matériaux, comptable, dirigeant et doit avoir des compétences dans quelque 15 métiers. Ses connaissances touchent beaucoup de domaines, mais ne sont pas approfondies.

A ma connaissance, il n'y a pas de formation de dirigeants et de généralistes dans les sciences naturelles. Ces derniers devraient – comme

l'architecte – disposer d'un solide bagage de base dans toutes les disciplines importantes des sciences naturelles, bien comprendre les langues des divers domaines et disposer d'un bon leadership. Ils seraient ceux qui se placent «au-dessus des disciplines», formulent les questions de façon interdisciplinaire, définissent les objectifs, rassemblent des chercheurs de divers horizons (universitaires, industriels et des profanes) et encouragent une symbiose scientifique efficace.

Je suis persuadé qu'il faut également des «architectes en sciences naturelles»: des coordinateurs neutres qui gardent une vue d'ensemble et poussent leur équipe interdisciplinaire à de nouvelles prouesses.

Theo Gmür, architecte, 9463 Oberriet

Erratum

Les ingrédients manquants

Décrire le projet d'Aldo Steinfeld par «... transformer du CO₂ en hydrogène» (Horizons, décembre 2015, p. 44) est maladroit, car il manque des ingrédients nécessaires au processus. Une formulation correcte est: «... fabriquer de l'hydrogène et du gaz de synthèse à partir d'eau et de CO₂».

Angelika Kalt est la nouvelle directrice du FNS

SNF/Marco Finsterwald



Le Comité du Conseil de fondation a nommé Angelika Kalt comme nouvelle directrice du Fonds national suisse. Elle succède le 1er avril 2016 à Daniel Höchli, qui quitte le FNS après onze ans pour prendre la direction de Curaviva Suisse. Angelika Kalt est directrice suppléante du FNS depuis 2008. Elle a été professeur de géologie à l'Université de Neuchâtel pendant huit ans.

Evaluation positive des PRN

Les Pôles de recherche nationaux (PRN), soutenus par le FNS depuis 2001, ont été très bien notés par le Conseil suisse de la science et de l'innovation (CSSI). Leur objectif est de renforcer la place scientifique helvétique dans des domaines d'importance stratégique grâce à des projets interdisciplinaires et innovants axés sur le long terme. A la fin de la première série de 14 PRN en 2013, le CSSI a évalué leur efficacité à la demande du Secrétariat d'Etat à la formation, à la recherche et à l'innovation. Son rapport estime que les PRN poursuivent des objectifs scientifiques et structurels de haut niveau et émet des recommandations. Certaines ont déjà été mises en pratique.

Brochure finale du PNR 63

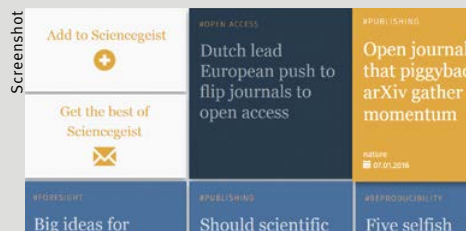
Les cellules du pancréas productrices d'insuline peuvent être remplacées chez la souris par des cellules qui leurs sont apparentées. C'est l'un des résultats du Programme national de recherche «Cellules souches et médecine régénérative» (PNR 63) qui vient de s'achever. Une brochure offre une synthèse des travaux. D'autres groupes de recherche ont développé des tissus cartilagineux pour la reconstruction d'un pavillon auriculaire. Une équipe de médecins, d'éthiciens et de juristes a étudié la question du don de cellules souches.

Soutien à 27 ouvrages en libre accès

Dans le cadre du projet pilote OAPEN-CH, le FNS rassemble des expériences liées au processus de publication de monographies en libre accès avec des maisons d'édition scientifiques. Lors de la première étape, le

FNS a soutenu 27 livres mis à disposition gratuitement sur le site web des éditeurs, sur OAPEN Library et dans une base de données institutionnelle. Plus tard, ces ouvrages pilotes seront accessibles sur la plateforme e-Helvetica de la BNS ainsi que sous forme imprimée. La deuxième mise au concours a été lancée le 15 février 2016.

Un nouveau portail de news



Financement de la recherche, lutte contre le plagiat, débat autour du peer review ou encore nouveaux modèles de publication: la culture scientifique est au centre de Sciencegeist.com. Ce nouveau site soutenu par le FNS rassemble les articles de presse qui questionnent la manière dont se pratique la recherche aujourd'hui. Cet agrégateur de news fonctionne à la fois comme archive et newsletter.

Nouveau président de la SCNAT

Christian Fliert/Swiss TPH



L'épidémiologiste et parasitologue Marcel Tanner est depuis janvier 2016 le nouveau président de l'Académie suisse des sciences naturelles (SCNAT). Il a dirigé l'Institut tropical et de santé publique suisse (TPH) de 1997 à mi-2015. Marcel Tanner succède à Thierry Courvoisier, qui a présidé la SCNAT entre 2012 et 2015.

Coopération scientifique Suisse-Russie

La Suisse et la Russie ont mis sur pied en 2015 un programme de recherche commun, le Scientific & Technological Cooperation Programme Switzerland-Russia. Vingt-cinq projets ont été acceptés dans les domaines des technologies quantiques, de la robotique, des sciences humaines et sociales ainsi que de la biologie systémique et de la bioinformatique. Le FNS prend en charge 5,9 millions de francs pour la partie suisse des recherches.

Horizons

Le magazine suisse de la recherche paraît quatre fois par an en français et en allemand. Edition spéciale imprimée aussi en anglais. 27e année, n° 108, mars 2016. www.snf.ch/horizons

Editeur

Fonds national suisse de la recherche scientifique (FNS)
Wildhainweg 3
Case postale 8232
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
Florian Fisch (ff)
Pascale Hofmeier (hpa)
Marcel Falk (mf)
Valentin Amrhein (va)

Graphisme, rédaction photos

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

Traduction

Marie-Jeanne Krill, Catherine Riva,
Sophie Galtzsch

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

40 100 exemplaires en allemand,
16 800 en français, 6200 en anglais

© 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 3400 projets auxquels participent environ 14 000 scientifiques. Il constitue ainsi la principale institution d'encouragement de la recherche scientifique en Suisse.

Les Académies

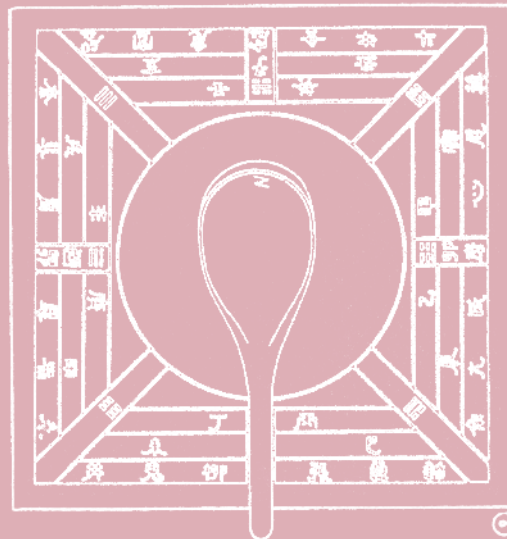
Sur mandat de la Confédération, les Académies suisses des sciences s'engagent en faveur d'un dialogue équilibré entre la science et la société. Elles représentent la science, chacune dans son domaine respectif, mais aussi de façon interdisciplinaire. Leur ancrage dans la communauté scientifique leur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

«Trouvez une solution avec Bruxelles!»

Gerd Folkers page 29

«La communication du risque est
toujours délicate.»

Heinz Bonfadelli page 34



L'ancêtre de la boussole: une
cuillère en magnétite posée
en équilibre sur une plaque en
bronze (Chine, 370 av. J.-C.).

Image: Keystone/Interfoto/
Sammlung Rauch

«Les vaches sont importantes
dans l'Oberland bernois tout
comme au Soudan du Sud.»

Martina Santschi page 42