



Surprise! Place aux émotions

Comment la science tente
de saisir l'insaisissable

A quoi pense le physicien
devant l'avalanche

30

Pourquoi le courant vert
profite au charbon

38

Lorsque l'immigration
favorise l'égalité

40

La recherche doit réduire
son impact climatique

25

La science, une affaire d'émotions

J'ai dû récemment me décider entre deux appartements. L'un était plutôt petit, fraîchement rénové et offrait une large vue sur l'un des plus beaux endroits de la ville. L'autre était vaste, comptait une pièce de plus pour un prix quasi identique, avait une disposition originale ainsi qu'une cuisine ouverte.

J'ai commencé par dresser dans ma tête une liste des points positifs et négatifs pour chacun des deux. Mais ces arguments ne m'ont pas menée loin. Combien de fois se trompe-t-on soi-même en privilégiant les éléments défavorables que notre cœur met en avant? Finalement, j'ai fait une pause, fermé les yeux et j'ai cherché à m'imaginer dans l'un et l'autre des appartements. Comment est-ce que je m'y sentais? Et, subitement, tout s'est clarifié. Je savais parfaitement où je déménagerai. J'ai choisi le petit. Il me donnait un sentiment de sécurité et de liberté. Dans l'autre, je me sentais à la fois perdue et opprimée.

Sans émotions, nous n'arrivons pas à nous décider. La psychologie cognitive a établi ce fait déjà dans les années soixante, mais l'économie l'a longtemps ignoré. Pour elle, l'humain se réduisait à homo oeconomicus, ne suivant qu'un seul objectif: la maximalisation de l'utilité. L'économie comportementale a proposé un regard neuf. Elle part notamment de l'idée que nous décidons en fonction de nos sentiments. En 2002, le Prix Nobel d'économie fut décerné à l'un de ses fondateurs, Daniel Kahneman.

Aujourd'hui, les émotions font l'objet d'intenses études dans les disciplines scientifiques les plus diverses. Mais elles jouent également un rôle important dans le travail mené dans les laboratoires, les instituts et les archives. Un scientifique, même passionné, risquera de prendre la fuite s'ils doit gérer une pression concurrentielle malsaine ou subir du harcèlement. Il pourrait refuser un poste attrayant s'il sent que quelque chose ne tourne pas rond dans un département pourtant convoité. Les émotions peuvent exercer une influence décisive sur les carrières dans la recherche. L'homo scientificus purement rationnel n'existe pas davantage que l'homo oeconomicus. En dépit d'un environnement compétitif, les hautes écoles doivent faire tout leur possible pour assurer un climat de travail sain et respectueux.

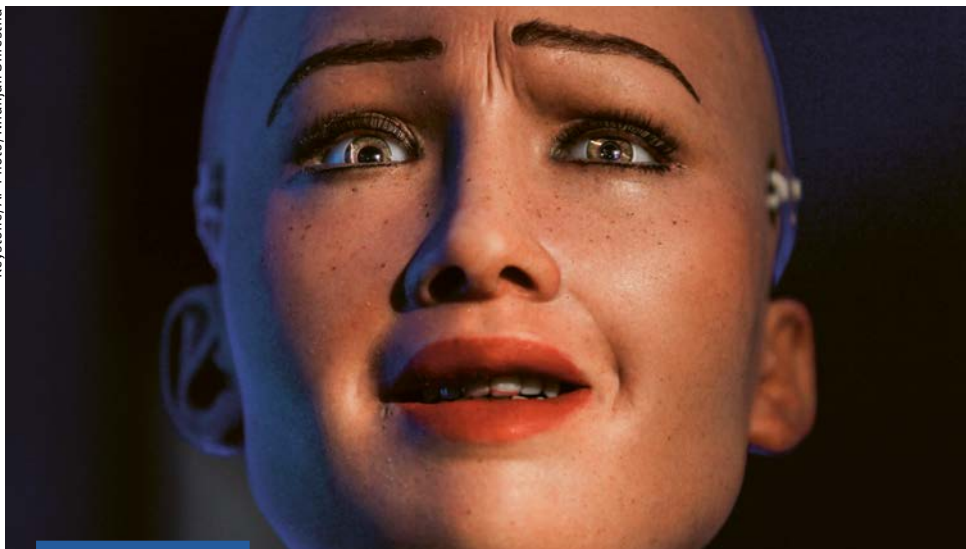


Judith Hochstrasser, rédaction

horizons

revue-
horizons.ch
Lisez-nous
en ligne!





Point fort Emotions

10

A la découverte des émotions

Neuroscientifiques, psychologues et historiens tentent de saisir ce qui donne un sens à notre vie: nos joies et nos peines, nos espoirs et nos craintes.

10 **Portfolio: peur et désir dans la ville**

En cinq scénarios, le photographe genevois Fred Merz a mis en scène les grandes émotions.

13 **Le cerveau, siège de nos passions**

Plongée dans notre corps à la recherche de l'impalpable: l'origine de nos affects.

16 **Quand la recherche fait battre les cœurs**

Quatre scientifiques racontent l'instant où l'émotion a rejoint la raison.

18 **«L'empathie n'est apparue que récemment»**

Loin d'être immuables, les émotions se transforment au cours du temps, explique l'historienne Bettina Hitzer.

21 **Ce qui se joue entre l'humain et la machine**

Les interactions avec l'intelligence artificielle devront mieux prendre en compte nos sentiments.

◀ Couverture extérieure et intérieure: Surprise? Surprise!. Images:Fred Merz/Lundi 13

25

1kilo



Science et politique

24 **Les ingénieurs sortent de l'ombre**

Une journée nationale donne un visage à celles et ceux qui façonnent notre quotidien.

25 **La recherche ne ménage pas le climat**

Les scientifiques doivent réduire leurs émissions de CO₂. Voici comment.

29 **Le poids des études**

Stress, apprentissage, orientation: le psy Sandro Vicini vient en aide aux étudiants.

30 **Lorsque la crise frappe**

Communiquer en période de turbulences: un défi pour les hautes écoles.

32

Valérie Chételat



Biologie et médecine

32 **Une biologiste nomade et combative**

Gisou van der Goot fait fi des préjugés et s'engage pour le climat.

34 **Culture hors-sol grâce aux poissons**

L'aquaponie veut révolutionner la production alimentaire.

36 **Un algorithme contre la dépression**

Les statistiques partent à la recherche du meilleur traitement.

37 **Monogamie ou promiscuité? Ce qu'indique la forme de notre cerveau Des virus luttent contre les bactéries**

En image

6
Au cœur du glacier

Débat

8
Les tests d'hypothèse sont-ils utiles?

38

Keystone / Fabrice Coffrini



Environnement et technique

38 **Le chasseur d'avalanches**

Un physicien fait du ski de randonnée au nom de la science.

40 **Les problèmes du virage énergétique**

L'éolien et le photovoltaïque encouragent l'énergie la plus polluante: le charbon.

42 **Le mystère du volcan de boue**

Une équipe de géologues a déterminé la cause d'une catastrophe en Indonésie.

43 **La construction 3.0 n'est pas encore durable Comment tester une intelligence artificielle Une plante bionique détecte la sécheresse**

Comment ça marche?

49
Une puce informatique copie le cerveau

Verbatim

50
Le défi du savoir numérique

44

Valérie Chételat



Culture et société

44 **Chamboulement dans le sport suisse**

Les bénévoles font place aux professionnels dans les associations sportives.

46 **Des crèches grâce aux migrantes**

L'égalité des sexes en Suisse a profité de la venue des travailleuses étrangères.

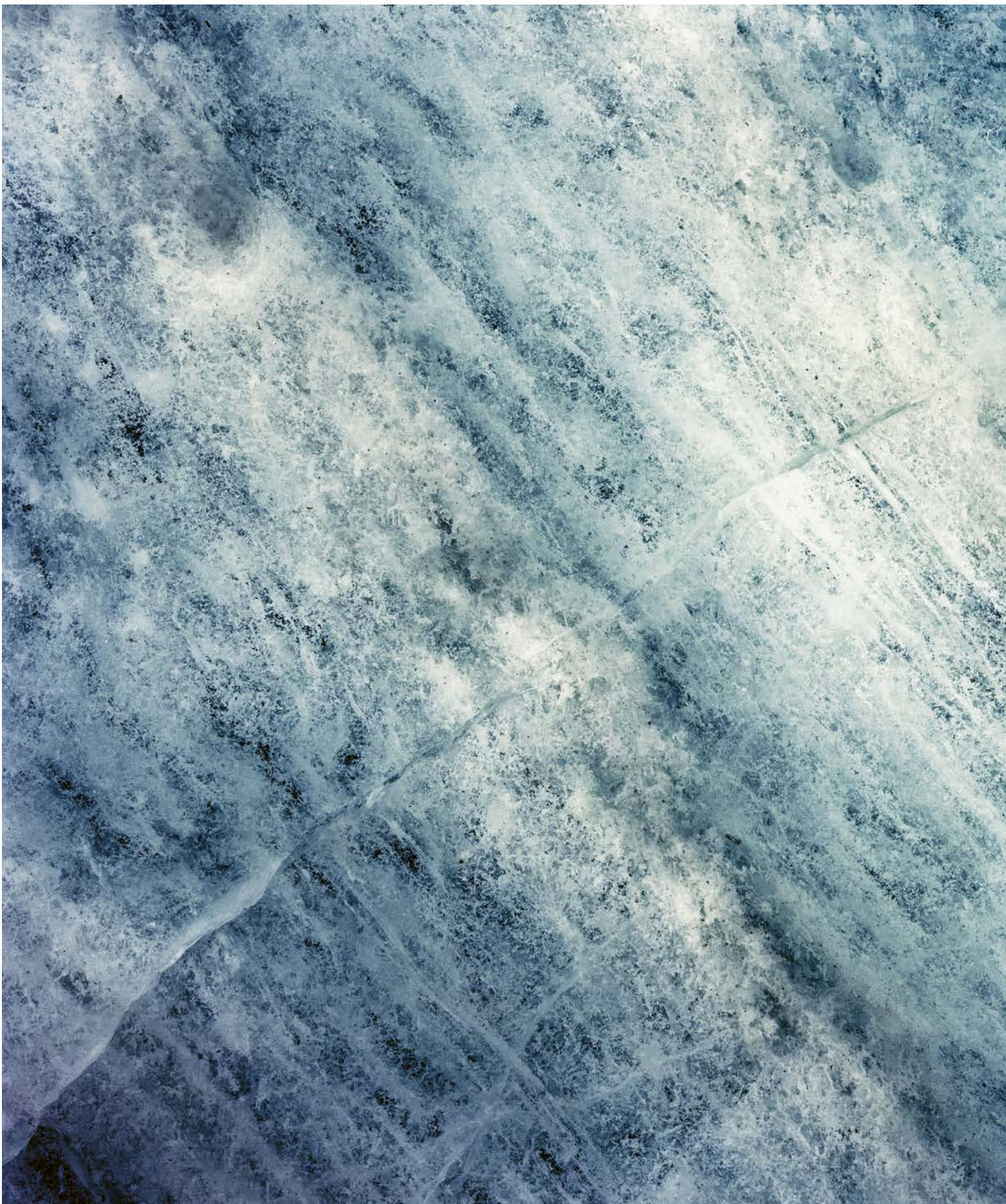
47 **Lorsque le féminin devient neutre**

Certains dialectes alémaniques se jouent des genres.

48 **Le doute, un atout en matière de leadership Notre consommation de viande sous la loupe Des parents prudents sur les réseaux sociaux**

En direct du FNS et des Académies

51
Assurer une recherche intègre





Tranche de glacier

Matthias Vollmer est architecte mais se promène volontiers en montagne pour observer les glaciers avec des étudiants de la Chaire d'architecture du paysage de l'ETH Zurich. «Nous analysons la manière dont on représente les paysages et comment les gens les perçoivent. Les glaciers jouent un rôle particulier pour la Suisse: ils l'ont littéralement façonnée en creusant des vallées. Ils imprègnent également son imaginaire. Notre relation avec eux est changeante et ambivalente. Il y a quelques siècles, ils constituaient un danger naturel; aujourd'hui, on veut les préserver comme faisant partie du paysage helvétique.»

La photo montre un demi-mètre de la paroi inférieure du glacier de Morteratsch, près de Pontresina (GR). On y distingue la présence de nombreuses bulles d'air ainsi que des fissures obliques créées par les forces présentes dans la masse de glace. C'est cette complexité qui a intéressé Matthias Vollmer: «On se représente toujours les glaciers comme gigantesques, mais ils possèdent bien entendu plusieurs échelles. De près, on découvre une structure très riche, témoin de leur vie intérieure, de leur mouvement perpétuel. On ressent bien ce paradoxe sur place. Rien ne semble bouger, mais on perçoit une multitude de traces laissées par les avancées et les reculs du glacier, tels des blocs de glace, des rochers et des galets.»

Matthias Vollmer a attendu que le soleil ne frappe pas directement la paroi et a utilisé des filtres polarisants afin d'éviter les réflexions. Il a travaillé en analogique avec des grandes plaques photographiques de 4 x 5 pouces. «Cela force à réfléchir longtemps à la prise de vue avant de l'effectuer – au contraire des appareils numériques qui nous font prendre une infinité de clichés.»

«Cette photo est un document autant scientifique qu'artistique. Dès que j'utilise un média, je dois prendre des décisions: comment je veux mettre en scène l'objet étudié, quelles manipulations j'effectue et vers quelles interprétations la représentation choisie pourrait mener. C'est pour moi la définition de l'art: pas forcément quelque chose de beau, mais une mise en forme à laquelle on a réfléchi. Mais oui, je trouve cette photo également assez belle!»

Image: «Glacier Fabric», Matthias Vollmer.

Note: la photographie a été tournée de 90 degrés sur la droite.



Oui,

répond le statisticien
Thomas Fabbro.

Faut-il encore parler de «résultats statistiquement significatifs»?

Les résultats d'une étude doivent être statistiquement significatifs pour être considérés comme valables. Cette approche - le test d'hypothèse - est-elle vraiment désirable?



Non,

répond la statisticienne
Fränzi Korner-Nievergelt.

Photos: Valérie Chételat

La controverse autour des tests de signification est aussi ancienne que la méthode elle-même. La plupart des critiques se réduisent à cette alternative: les méthodes statistiques ne sont pas appliquées correctement ou leurs résultats sont mal interprétés. Bien réalisés, les tests d'hypothèse restent cependant utiles et importants.

La théorie de ces tests n'est certainement pas facile à comprendre. En revanche, les programmes informatiques rendent aujourd'hui leur réalisation très simple. Cela est utile pour de nombreux utilisateurs qui préfèrent se concentrer sur l'objet de leur recherche plutôt que sur des questions de méthodologie. Ils veulent pouvoir déterminer si l'effet observé est significatif ou non et témoignent alors une confiance aveugle à leur programme informatique. Malheureusement, «significatif» ne veut pas forcément dire «pertinent»... C'est ainsi que de très nombreuses études tirent des conclusions qui sont indéfendables du point de vue statistique. Les critiques ont donc raison sur certains points: il faudrait recourir moins fréquemment au test de significativité statistique basée sur la valeur-p. Il serait

souvent préférable de décrire l'effet estimé ainsi que sa précision.

Le test d'hypothèse reste néanmoins une méthode précieuse lorsqu'il faut prendre des décisions bien fondées et estimer précisément risques et bénéfices, par exemple lorsque l'on évalue un médicament ou une thérapie. Une bonne planification statistique est alors indispensable, ce qu'il faudrait fondamentalement améliorer dans de nombreux domaines.

«Bien réalisés, les tests d'hypothèse restent utiles et importants.»

Par exemple, des scientifiques désirent montrer la différence entre deux traitements doivent absolument définir au préalable comment ils vont mesurer l'effet, et expliquer quelle intensité celui-ci devrait avoir pour avoir une pertinence concrète. Cette étape purement technique est indispensable durant la planification. On peut alors déterminer la bonne taille de

l'échantillon: s'il est trop petit, les effets pertinents ne pourront être mis en évidence, et s'il est trop grand, des effets non pertinents pourraient devenir statistiquement significatifs. De nombreux scientifiques n'ont pas idée du lien étroit entre la planification et l'interprétation des résultats d'un test d'hypothèse. C'est pourquoi je suis en faveur de la publication de ces informations avant même de réaliser une étude, comme le font certains journaux scientifiques. Et cette tendance va se renforcer.

Une bonne planification a de nombreux autres effets positifs sur le fonctionnement de la recherche. La discussion ne devrait donc pas se focaliser sur des questions isolées de méthode, mais sur le contexte global de la science.

Le biologiste Thomas Fabbro est responsable de l'infrastructure du Département de recherche clinique (Clinical Trial Unit) à l'Hôpital universitaire de Bâle.

Résultats statistiquement significatifs, tests d'hypothèse et $p < 0,05$

Une étude tente de démontrer un effet à l'aide d'observations. Mais toute mesure produit naturellement des variations, et les différences observées pourraient ainsi être le fruit du hasard. La probabilité que ce soit le cas, appelée «valeur-p», peut être

calculée à l'aide de tests d'hypothèse. Si la valeur-p est suffisamment faible, les scientifiques partent de l'idée que l'effet est bien réel. Lorsqu'elle se situe au-dessous d'un seuil fixé à 5% ($p < 0,05$), ils parlent de «résultats statistiquement significatifs».

Pour tirer des conclusions et prendre des décisions, on examine souvent si la valeur-p est inférieure à 5% ($p < 0,05$). Malheureusement, le sens à donner à ce test s'avère si difficile à comprendre que la plupart des scientifiques ne l'interprètent pas correctement. L'idée qu'une valeur-p de plus de 5% prouve qu'il n'y a aucun effet est erroné, mais largement répandue.

Par exemple une étude canadienne a montré en 2017 que les enfants dont la mère avait pris un antidépresseur pendant la grossesse présentaient un risque d'autisme 1,6 fois plus grand que les autres. Mais la valeur-p se situait très légèrement au-dessus de 5% et l'effet n'était donc statistiquement pas significatif. Les auteurs ont alors faussement déduit que l'antidépresseur n'avait pas d'influence sur le risque d'autisme. Pourtant, même un risque 2,6 fois plus élevé aurait été compatible avec les données. De telles erreurs d'interprétation proviennent de la croyance que le résultat d'une étude s'inverse lorsque la valeur-p franchit la barre des 5%.

Les problèmes avec la valeur-p vont encore plus loin, et ceci même lorsqu'elle est correctement utilisée. Un biologiste

déclarant correctement qu'il n'a pas trouvé de lien significatif entre la durée d'ouverture de la chasse et la taille de la population de telle espèce, verra probablement un politicien en conclure qu'un tel lien n'existe pas. Au lieu d'utiliser la valeur-p, le biologiste aurait mieux fait de communiquer sur l'intensité de la corrélation. Cela permettrait d'estimer le développement futur de la population de l'espèce en fonction de la durée de l'ouverture de la chasse au mieux des connaissances actuelles. Des informations utiles pour trouver un compromis sur la durée de la chasse.

«Réduire des résultats à une valeur-p ne permet pas de prendre une décision.»

Réduire des résultats scientifiques à une valeur-p en la comparant au seuil de 5% ne permet pas de prendre une décision, car elle fait disparaître les informations sur l'intensité des corrélations, et parce que l'issue de la comparaison est essentiellement

déterminée par la taille de l'échantillon. Or, la quantité de données réunies dans une étude ne change rien aux liens existant réellement dans la biologie.

Pour prendre une bonne décision, il faut l'adapter à la situation et se baser sur l'évaluation de différentes alternatives. Par exemple, des indices relativement faibles du recul d'une population animale suffisent à justifier des mesures de protection s'il s'agit d'une espèce fortement menacée, mais pas pour une espèce très répandue. Recourir de manière généralisée au même critère - comme le seuil $p < 0,05$ - conduit à prendre des décisions arbitraires sans tenir compte des conséquences. C'est irresponsable.

La biologiste Fränzi Korner-Nievergelt est propriétaire du bureau de statistique Oikostat, chargée d'enseignement à l'ETH Zurich et collaboratrice de la Station ornithologique suisse de Sempach.



La rationalisation des émotions

Les sentiments jouent un rôle crucial dans notre vie et dans la société. La science les observe et les mesure, analyse leurs effets et décrypte ce qui les influence.

Colère, désir, peur, joie ou tristesse: les émotions guident nos vies. Ainsi en est-il des personnages mis en scène par le photographe genevois Fred Merz.



Sur les traces des émotions

Les neurosciences s'allient à la psychologie pour enfin localiser dans notre corps les phénomènes responsables de nos peurs, de nos envies et de nos joies.

Par Yvonne Vahlensieck

Joie ou colère, peur ou surprise, dégoût ou tristesse: pour étudier ces émotions, les psychologues actifs il y a deux décennies interrogeaient directement les gens dans le cadre d'expériences spécifiques, observant leurs réactions physiques telles que le pouls, la fréquence respiratoire ou encore l'expression du visage.

Mais la recherche sur les émotions explore depuis de nouveaux champs: l'imagerie par résonance magnétique fonctionnelle (IRMf) permet aux neuroscientifiques d'analyser ce qui se passe dans le cerveau en présence de différents sentiments. En mesurant par IRMf les variations de l'irrigation sanguine du cerveau, ils déterminent ainsi quelles régions sont activées lorsque les participants voient des photos de visages tristes ou joyeux, sentent l'arôme du chocolat ou visionnent des scènes de films d'horreur.

«Nous pouvons maintenant développer des méthodes objectives de mesure pour des mécanismes de nature subjective. C'est l'une des raisons de la fascination générée par les techniques d'imagerie cérébrale», explique David Sander, qui dirige le Centre interfacultaire en sciences affectives de l'Université de Genève, une structure issue du Pôle de recherche national «Sciences affectives» (voir «Un programme de recherche unique», p. 14). Bien entendu, les scientifiques ne peuvent pas directement observer les sentiments dans le cerveau. Mais ils constatent que des processus émotionnels différents activent des

régions cérébrales distinctes et ne le font pas de la même manière. «C'est extrêmement utile», dit David Sanders.

Le secret de l'amygdale

Les scientifiques ont ainsi pu mettre à l'épreuve des théories sur les émotions largement répandues. Ainsi on considère depuis longtemps que le siège de la peur se trouve dans l'amygdale, une structure en forme d'amande située au centre du cerveau. Des études récentes ont confirmé ce rôle, mais ont de plus montré que ce noyau jouait aussi un rôle important dans la gestion de nombreux autres affects autant positifs que négatifs, relève David Sanders: «Nous estimons désormais que l'amygdale contribue de manière générale à l'évaluation subjective de l'importance d'une situation.» Elle constitue ainsi une structure clé pour le déclenchement et la régulation des émotions en général et non seulement de la peur.

«Il n'y a pas d'opposition entre émotion et cognition.»

David Sander

Autre surprise: l'influence des émotions ne se limite pas uniquement à ce qu'on appelle les régions les plus primitives du cerveau. David Sanders poursuit: «Nous pensions auparavant qu'il y avait une opposition entre rationalité et sentiments.

Mais nous savons maintenant que des zones cérébrales que l'on croyait réservées à des fonctions cognitives supérieures sont fortement influencées par les émotions.» Cela a aussi son côté positif parce que les émotions représentent une aide dans de nombreuses décisions personnelles. Pour ce chercheur, il est clair qu'«il n'y a pas d'opposition entre émotion et cognition.»

La finance s'intéresse à vos neurones

L'une de ces fonctions cognitives supérieures est la prise de décision, un thème qui intéresse notamment la neuroéconomie. Ces recherches ouvrent ainsi la voie à une meilleure compréhension de certains processus sociaux.

«Les économistes ont constaté qu'une personne ne se conforme en général pas aux prévisions de son modèle financier lorsqu'elle opte pour une certaine prise de risque, explique Kerstin Preuschoff, professeure de neuroéconomie à l'Université de Genève. Elle se comporte donc de manière irrationnelle - du moins d'un point de vue économique. Ce comportement n'est pas illogique, car les émotions jouent un rôle important dans les prises de décision.» A l'aide d'IRMf, la chercheuse a constaté que des concepts financiers tels que le risque de base ou l'espérance mathématique (la valeur moyenne liée à une distribution aléatoire) se reflétaient dans des zones du cerveau bien précises. «Nos recherches ont commencé très modestement avec les processus de décision d'individus mais

recouvrent désormais des processus très complexes concernant les marchés financiers», souligne Kerstin Preuschoff.

L'un des objectifs de la neuroéconomie est d'ailleurs d'intégrer ces nouvelles composantes dans le calcul de modèles financiers. Kerstin Preuschoff reconnaît que ces recherches ne font que commencer, mais souligne que «l'on sera probablement bientôt en mesure de lire reconnaître une décision d'investissement dans les signaux cérébraux.»

Thérapies virtuelles

Pour y arriver, il sera nécessaire d'améliorer encore les techniques disponibles pour étudier les émotions dans le cerveau. «La plupart des recherches utilisent encore des méthodes indirectes pour susciter des émotions», tempère le neuroscientifique Patrik Vuilleumier, du Centre interfacultaire en sciences affectives de Genève. Mais même si la vue d'un visage souriant active certaines régions cérébrales, elle n'engendre pas nécessairement un véritable sentiment de joie.

«Les émotions jouent un rôle important dans les prises de décision.»

Kerstin Preuschoff,

Son équipe développe une nouvelle approche. Équipés de lunettes de réalité virtuelle, les participants à ses études se plongent dans un monde artificiel où ils doivent accomplir des tâches audacieuses. Cette immersion permet de générer des émotions presque naturelles, selon le chercheur. Des analyses d'IRMf permettent ensuite d'établir quelles activités cérébrales précises ont été générées par les différents passages de ces scénarios virtuels.

De nouvelles formes de thérapies veulent désormais également profiter de ces outils. Le Département des neurosciences cognitives de l'Université de Bâle teste des applications de réalité virtuelle ou augmentée pour smartphones qui doivent soigner la phobie des araignées

ou le vertige. Cette méthode a l'avantage de confronter de manière réaliste les personnes à leurs peurs sans jamais perdre le contrôle de la situation.

Contrôler son cerveau

Ces recherches amènent également de nouvelles perspectives pour le traitement des maladies psychiques: les zones cérébrales touchées participent souvent à la régulation des émotions. Chez certains dépressifs, on constate une réaction réduite entre les zones cognitives et l'amygdale, impliquée dans la gestion des émotions. «Nous avons réalisé des progrès significatifs ces derniers temps et comprenons maintenant mieux les liens entre les perturbations de la gestion des émotions et les affections psychiques, assure le neuroscientifique Frank Scharnowski. Mais je vois une grande lacune au moment de traduire ces nouvelles connaissances en de nouvelles thérapies axées le cerveau.»

Le scientifique étudie une approche thérapeutique novatrice appelée neurofeedback dans des recherches menées dans les cliniques psychiatriques universitaires de Zurich et de Vienne. Les participants apprennent à contrôler l'activité de zones cérébrales précises, mesurée de manière continue par IRMf. Si le sujet parvient à réguler la région désirée - par exemple l'amygdale - il obtient un feedback positif. Frank Scharnowski rapporte que la majorité des personnes saines l'apprennent en quelques séances seulement. Des patients qui souffrent de dépression ou de troubles anxieux peuvent également en profiter. Les résultats montrent que les patients psychiatriques ne sont pas impuissants face à leurs émotions, mais au contraire qu'ils sont en mesure de les contrôler.

«Evidemment, les sentiments empêchent parfois de prendre les bonnes décisions, souligne David Sanders. Mais il y a aussi des situations dans lesquelles les émotions s'avèrent indispensables pour prendre la meilleure.»

Yvonne Vahlensieck est journaliste scientifique et travaille près de Bâle.

Comment étudier les émotions au labo

- **L'imagerie par résonance magnétique fonctionnelle (IRMf)** visualise en temps réel l'énergie consommée dans différentes régions du cerveau, en détectant des variations de la concentration d'oxygène dans le sang. On présente au sujet des images qui suscitent diverses émotions afin d'identifier quelles zones cervicales sont activées.
- **La réalité virtuelle (RV)** plonge des participants portant des lunettes 3D dans une situation réaliste afin de susciter des émotions particulières.
- **La réalité augmentée (RA)** mélange des environnements réels et virtuels.
- **Le neurofeedback** donne aux participants un retour direct de mesures d'imagerie afin de leur apprendre à activer des régions cérébrales liées à certains sentiments spécifiques.

Un programme de recherche unique

Ce fut une vraie nouveauté: des psychologues et neurologues mais aussi des économistes, juristes et anthropologues rassemblés pour avancer sur un même sujet. Le Pôle de recherche national «Sciences affectives – Les émotions dans le comportement individuel et les processus sociaux» a examiné l'influence des émotions sur le comportement ainsi que sur la santé et le bien-être. Le Fonds national suisse a soutenu ces recherches avec un budget de près de 30 millions de francs de 2005 à 2017. La structure a permis la création du Centre interfacultaire en sciences affectives de l'Université de Genève.



ENQUÊTE DANS LES ARCHIVES

Heureuse

Federica Rossi, 41 ans
Archivio del Moderno, Université de
la Suisse italienne

«Je perds parfois la notion du temps. Tout est calme dans les archives. Il n'y a pas de téléphone et quasiment personne dans ces salles obscures. Mes recherches ont quelque chose d'intime. Je cherche les histoires de gens qui ont reconstruit Moscou en l'espace de seulement cinq ans. Durant l'occupation par Napoléon, en 1812, un incendie a détruit trois quarts des bâtiments. Des architectes tessinois ont influencé la reconstruction, un fait peu connu. J'ai l'impression d'être une sorte de Sherlock Holmes du passé. Je suis toujours curieuse et excitée lorsque je découvre une date et une signature dans un document ou que je lis des lettres, comme celles adressées par des aristocrates à l'architecte Domenico Gilardi. Après deux ans de recherche, ces personnes décédées depuis longtemps sont en quelque sorte devenues des amies. Elles me sont familières, possèdent un visage et même un caractère. Des collègues russes me soutiennent parfois dans mes recherches dans les archives. Qui reconnaît le premier si une lettre est un original ou une copie? Nous nous penchons ensemble sur le document, entrons dans une sorte de «flow» et nous trouvons réunis par un même sentiment de bonheur.»

Propos recueillis par Franca Siegfried

Science: le cœur autant que la tête

Objective, rigoureuse, froide: la recherche se définit volontiers comme pure affaire intellectuelle. Au contraire, elle ne progresse que par l'effort des scientifiques - et à travers les émotions qu'ils ressentent.

Témoignages.

Illustration: Irene Sackmann



RÉSURRECTION VIRTUELLE DE PALMYRE

Touché

Patrick Michel, 36 ans
Institut d'archéologie et des sciences de l'Antiquité,
Université de Lausanne

«Lorsque l'Etat islamique a dynamité en août 2015 le temple de Baalshamîn, à Palmyre, en Syrie, ce fut un vrai choc. J'avais vécu comme enfant la guerre au Liban et je garde le souvenir des villes détruites. Là, c'était un site archéologique. J'en ai pleuré. J'ai ressenti un profond dégoût, mais cela a été aussi un élément déclencheur. J'ai pris conscience que nous avons dans nos archives à l'Université de Lausanne de quoi retracer la vie de ce monument: les données récoltées dans les années 1950 par l'archéologue suisse Paul Collart. Nous n'avions pas le droit de les garder sous clé. Il s'agissait d'un devoir de mémoire, scientifique et humanitaire.»

Irrité

Martin Fussenegger, 50 ans
Département Biosystems Science and
Engineering, ETH Zurich

«La recherche n'est pas planifiable. Pourquoi? Parce que nous ne pouvons pas prévoir l'avenir. Aujourd'hui, nous sommes étouffés par l'administration. Au début, je dois échafauder une hypothèse et concocter un plan de recherche. Dès que le projet est approuvé et que l'argent est là, je peux commencer mes travaux. Ensuite, je rédige sans cesse de nouveaux rapports pour le controlling et montrer que je gère l'argent correctement. Mais si je découvre quelque chose d'intéressant qui ne fait pas partie de ma requête, alors une nouvelle hypothèse est nécessaire ainsi qu'une nouvelle requête – tout est réglementé. Ce travail administratif coûte de l'argent et du temps. Justement le temps qui manque pour nos recherches. Ce qui me fâche encore plus: cette croyance qu'il existerait un système parfait n'admettant aucune erreur. En tant que biologistes, nous savons pourtant bien que tout système connaît un taux d'erreur de 5 à 10%, c'est ainsi qu'il peut rester flexible. Mon appel au monde universitaire: réglementation et créativité ne s'accordent guère!»

Propos recueillis par Franca Siegfried



CONDITIONS D'ÉLEVAGE DES POULES

Réjouie

Nadine Ringgenberg, 33 ans
Office fédéral de la sécurité alimentaire et des affaires vétérinaires (OSAV)

«Je trouve mon travail très gratifiant: trouver comment aménager de manière optimale des rampes, des perchoirs et des nids de poules afin que la vie des animaux soit aussi décente que possible. Chaque fois que nous pouvons mettre des résultats de recherche en pratique, cela me réjouit et me motive énormément. Le bien-être de ces animaux me tient à cœur. Un grand moment s'est passé l'été dernier, lorsque le nouveau poulailler

expérimental a été inauguré à Zollikofen. Après un an de travaux, j'étais heureuse – et reconnaissante – de voir les premières poules y entrer. L'hygiène, l'aération et l'infrastructure ont pu être grandement améliorées. J'espère que, grâce à ces nouvelles connaissances, nous pourrions améliorer le bien-être de milliers de poules en Suisse.»

Propos recueillis par Sarah Fasolin

Notre modélisation tridimensionnelle retrace l'évolution du site sur plus de mille ans, de 200 av. J.-C. à 1200 de notre ère. Une exposition présente en première mondiale notre travail de restitution, et les visiteurs qui en sortent ont souvent les larmes aux yeux. Mais, plus que tout, nous avons conçu ce projet pour les Syriens, en particulier pour les enfants nés dans les camps de réfugiés, afin qu'ils puissent garder le lien avec leur héritage culturel. Participer à cette reconstruction virtuelle m'a redonné de l'espoir tout en conférant un vrai sens à mon travail.»

Propos recueillis par Martine Brocard

«Beaucoup d'affects sont déterminés par la morale et la socialisation»

La peur n'est plus honteuse aujourd'hui - on encourage même à en parler - alors que le dégoût est, lui, devenu tabou. L'historienne Bettina Hitzer retrace l'étonnante évolution des émotions au cours du temps.

Propos recueillis par Judith Hochstrasser

L'histoire des émotions est objet d'études depuis une décennie au sein de l'Institut Max Planck pour la recherche en éducation, à Berlin, avec un accent sur les XVIII^e, XIX^e et XX^e siècles. Ces études mettent en lumière leur évolution ainsi que les normes sociales qui les influencent. Bettina Hitzer a participé dès le début à ces recherches. Elle dirige le pôle de recherche «Emotion et maladie. Histoire(s) d'une relation compliquée».

Les émotions qu'on ressent aujourd'hui sont-elles différentes d'il y a 100 ans ?

Oui, j'en suis convaincue. Même si les psychologues et les spécialistes des neurosciences avancent que les affects sont une constante universelle. C'est peut-être vrai au niveau des activités neuronales. Mais, comme historienne, j'estime que les émotions n'existent qu'à partir du moment où elles sont prises en compte par le sujet. Et là, le contexte culturel et historique joue toujours un rôle.

Comment les émotions peuvent-elles changer ?

On dit de la peur qu'elle a un sens du point de vue de l'évolution car elle nous avertit des dangers. Mais les objets de la peur se modifient. A la fin du XIX^e siècle, on craignait par exemple d'être enterré vivant. Aujourd'hui, on a plutôt peur d'être déclaré en état de mort cérébrale, de voir ses organes prélevés pour une transplantation et d'avoir malgré tout un reste de conscience. Ces changements sont liés à l'évolution technologique. Le sentiment de peur s'est lui aussi modifié parce que la manière dont nous en parlons et le jugeons moralement a changé. Et cela a des répercussions sur l'émotion elle-même.

Dans quelle mesure ?

Les manuels d'éducation de la fin du XIX^e siècle indiquent qu'un enfant bien éduqué ayant un caractère bien formé devait être capable de surmonter la peur du noir facilement et sans grand soutien. S'il n'y parvenait pas, il en avait honte et s'efforçait de ne pas en parler. De ce fait, les peurs pouvaient encore s'accroître. Aujourd'hui, cette attitude a totalement changé, du moins dans les sociétés occidentales. On encourage les enfants à parler de leur peur, qui est nettement moins chargée de honte.

On lit souvent que la tristesse des parents en cas de décès d'un enfant était beaucoup moins grande au Moyen Age et au début des Temps modernes.

De nombreuses sources disent autre chose et évoquent au contraire une grande affliction. Mais le deuil était probablement ressenti autrement qu'aujourd'hui, parce que la mort d'un enfant allait davantage de soi. On baignait dans une manière de penser et de croire particulière, la mort d'un enfant pouvant être considérée comme positive, car son âme innocente retournait à Dieu. Peu de gens partagent sans doute actuellement ce point de vue. Il est difficile de répondre à la question de la force des affects. L'histoire des émotions n'a pas une approche quantitative: elle étudie les aspects qualitatifs des sentiments et montre comment ceux-ci se modifient.

Y a-t-il des émotions qui étaient autrefois importantes et qui aujourd'hui sont oubliées ou négligées ?

Oui, ou au moins certaines d'entre elles qui restent très en arrière-plan. Ute Frevert, qui a initié ce domaine de recherche, parle de «lost and found emotions». L'empathie n'est

apparue que récemment. On évoquait beaucoup plus librement ce qui nous écoeurait au début du XX^e siècle alors qu'aujourd'hui le dégoût est devenu tabou.

Sommes-nous trop politiquement corrects pour exprimer ce sentiment ?

Il serait un peu exagéré de le formuler ainsi. Mais exprimer son dégoût à l'égard d'autres personnes est considéré comme une émotion asociale. C'est pourquoi ce sentiment est souvent réprimé. Il émerge néanmoins entre les lignes dans des tournures de langage. Lorsqu'on parle des sans-abri comme étant «à l'abandon», il est clair qu'on se réfère à une certaine répugnance. Pendant la première moitié du XX^e siècle, ce sentiment était souvent clairement exprimé. Dans les années 1920, les patients souffrant de tumeurs avancées n'étaient pas admis dans les services hospitaliers ordinaires car leurs sécrétions corporelles suscitaient du dégoût. On les faisait rapidement sortir de l'hôpital et on laissait souvent leurs proches se débrouiller seuls. Dans le même temps, on discutait de façon relativement ouverte des moyens de réduire ce dégoût. Aujourd'hui, on ne voit plus guère de tumeurs aussi avancées, mais cette question revient lors de cancers de la bouche et de la mâchoire. Les médecins et les soignants en parlent toutefois presque uniquement à l'interne parce que cela ne peut guère être exprimé en public.

«Dans les années quatre-vingt, les émotions ont commencé à être considérées comme un phénomène rationnel.»



«Mes propres émotions m'ont permis d'être une meilleure historienne.»

Les émotions ont pu être mieux appréhendées sur le plan scientifique dès lors qu'elles ont été considérées comme un phénomène rationnel, explique l'historienne Bettina Hitzer.

Dans quelle mesure la science influence-t-elle les émotions?

L'apport de la science a été très important depuis le milieu du XIX^e siècle, notamment dans les domaines de la psychologie, de la psychanalyse et de la physiologie. Des modèles qui montrent comment certains sentiments fonctionnent et comment il est possible de mieux les gérer ont été développés. Il suffit de penser aux différents types de psychothérapies qui éclairent et traitent les émotions d'une façon tout à fait particulière.

A-t-elle généré une modification abrupte de leur perception?

Dans les sciences culturelles, on utilise la notion de «emotional turn», un virage intervenu dans la société et dans la recherche dans les années 1980. Les émotions n'ont alors plus été considérées comme irrationnelles ou pathologiques. En tant que phénomène rationnel, elles ont pu être mieux appréhendées sur le plan scientifique. On peut critiquer cette évolution et parler d'une rationalisation des sentiments qui efface leur distinction d'avec la cognition. En psychologie cognitive, les premières approches visant à faire des émotions un objet scientifique remontent déjà à la fin des années 1960. On s'est alors rendu compte qu'elles permettent de prendre des décisions. Elles ont ensuite aussi trouvé une place en psychologie positive et dans l'idée de l'intelligence émotionnelle.

Les mouvements sociaux des années 1970 et 1980 tels que le féminisme, le pacifisme et l'écologie ont, d'une part, utilisé les émotions comme preuve d'authenticité. D'autre part, ils les ont confrontées à l'argumentation rationnelle et froide utilisée dans le débat public, comme le calcul

des risques ou la politique de sécurité. Les sentiments ont été opposés à une société considérée comme petite-bourgeoise. «Plus de chaleur dans la ville froide!», revendiquaient par exemple les mouvements de jeunesse à Zurich dans les années 1980.

On mène désormais de nombreuses recherches sur les émotions. Mais est-ce qu'on s'intéresse à celles des scientifiques eux-mêmes?

Oui. En tant qu'historienne, je me suis intéressée à l'histoire des émotions liées à la maladie du cancer et à la manière dont elle est influencée par l'univers hospitalier ainsi que par la technologie. Dans les années 1950 et 1960, de volumineux appareils de radiothérapie ont vu le jour. Pour ces traitements, les patients devaient pénétrer dans des locaux confinés. Il n'a pas été facile de savoir comment les malades se sentaient dans cet environnement. J'ai visionné des photos de personnes dans de telles situations et imaginé comment je pourrais moi-même ressentir les choses une fois couchée sous l'appareil, une fois enserrée ou ballottée.

Ces impressions m'ont rendue attentive à des détails qui m'auraient peut-être échappé et sur lesquels je suis tombée ensuite dans les dossiers des patients. Elles m'ont indiqué une piste et m'ont permis d'être une meilleure historienne. Dans un deuxième temps, j'ai dû toutefois m'intéresser à mes propres émotions et me demander dans quelle mesure elles étaient influencées par mon contexte culturel actuel.

Quelles découvertes vous ont le plus étonnée dans le projet de recherche «Histoire des émotions»?

J'avais des doutes au début et je me demandais si cette recherche n'allait pas uniquement toucher à la surface de choses. Au cours de mes travaux, j'ai néanmoins constaté que des documents personnels, comme les journaux intimes ou les lettres, ne sont pas les seuls à fournir des informations sur les émotions. D'autres sources comme des photos, des dossiers de patients ou encore des jugements de tribunaux s'avèrent précieuses même si les sentiments n'y sont pas explicitement mentionnés. Associer ces différentes sources est aussi exigeant qu'éclairant.

Au fait, pourquoi vous intéressez-vous aux émotions?

La science historique les a longtemps laissées de côté. Depuis que nous les étudions, nous comprenons mieux l'histoire. Le fait de me pencher sur les sentiments m'a également très clairement montré que mes émotions spontanées étaient influencées par mon éducation et le contexte culturel. Beaucoup d'affects que je considérais comme allant de soi ne sont pas du tout aussi universels et sont au contraire déterminés par la morale et la socialisation.

Judith Hochstrasser est rédactrice scientifique au FNS



L'algorithme empathique

Pour que l'intelligence artificielle réalise tout son potentiel, elle devra réussir à intégrer l'affect: décoder nos sentiments et anticiper les réactions émotionnelles que les machines suscitent en nous.

Par Claudia Hoffmann

Consultez-vous votre ordinateur lorsqu'il bloque? Vous surprenez-vous à sourire lorsque l'assistance vocale de votre portable vous donne des réponses absurdes? Souhaitez-vous «Bonne nuit!» à votre tondeuse à gazon automatique quand elle va se recharger? Vous n'êtes pas le seul dans ce cas. «Nous avons une tendance naturelle à considérer les machines comme des êtres humains», souligne Martina Mara, professeure de psychologie des robots à l'Université de Linz, en Autriche. Notre cerveau se concentre en effet sur les interactions sociales et réagit de manière involontaire aux stimuli qui leur sont associé. Par exemple le mouvement: une tondeuse robotisée s'approche et nous pensons déjà qu'elle veut entrer en contact avec nous. «Il faut très peu de choses pour que nous ayons l'impression que les machines possèdent des intentions et des sentiments», relève la chercheuse.

Le psy virtuel

Les machines suscitent aussi des émotions alors même qu'on sait pertinemment qu'elles ne sont pas vivantes, confirme la psychologue Elisa Mekler, directrice du pôle de recherche sur les interactions humains-machines à l'Université de Bâle. Elle étudie notamment les relations que des personnes nouent avec des personnages de jeux vidéo: «Les sentiments décrits sont parfois étonnamment intenses.» Ils sont comparables à ceux que

l'on peut avoir à l'égard d'êtres humains: de la sympathie et la fierté à la peur et la culpabilité, lorsque quelque chose de grave leur arrive.

Positives ou négatives, nos expériences émotionnelles restent très bien ancrées dans la mémoire. Un client sera fâché et frustré s'il ne comprend pas bien comment procéder pour acheter un objet en ligne ou qu'il peine à se faire comprendre par un robot assistant. «Les designers et les fabricants ont tout intérêt à créer des produits qui suscitent des sentiments positifs», résume Elisa Mekler.

«Nous avons une tendance naturelle à considérer les machines comme des êtres humains.»

Martina Mara

C'est l'un des objectifs de l'informatique affective, qui doit permettre à l'intelligence artificielle d'apprendre à déchiffrer les émotions humaines et à réagir à celles-ci de façon appropriée - et même à simuler des sentiments. Des algorithmes analysent l'expression du visage, la tonalité de la voix ou encore la température et la conductance de la peau. D'autres apprennent à reconnaître les émotions dans des textes (voir «Analyse de texte», p. 22).

Les applications sont nombreuses. Le chatbot Karim de la firme X2AI veut offrir un soutien thérapeutique aux réfugiés syriens souffrant de stress post-traumatique. Des systèmes basés sur des caméras et des capteurs sont actuellement développés pour détecter la fatigue ou l'irritation d'un automobiliste et lui suggérer de faire une pause. Et des robots soignants sensibles aux émotions devront un jour pouvoir déceler si un patient est angoissé ou énervé et adapter leur comportement en conséquence.

L'ordinateur se moque de nous

Un problème pour la reconnaissance des émotions est l'importance jouée par le contexte: difficile de faire la différence entre un sourire de satisfaction ou d'embarras. «Des malentendus surviennent facilement entre l'homme et la machine, note Mireille Bétrancourt, professeure en technologies de l'information et processus d'apprentissage à l'Université de Genève. Et des réactions inadéquates conduisent à une perte de confiance.»

Dans le cadre du projet Eatmint, la chercheuse étudie comment les émotions sont décodées lors d'un travail d'équipe basé sur des collaborations médiatisées par ordinateur et comment elles peuvent être transmises par les utilisateurs. L'ordinateur a adressé une réponse totalement inappropriée («Comme c'est amusant!») à un participant qui était frustré de ne pas parvenir à exécuter une tâche. Irrité, ce dernier a

Analyse de texte

Nos contributions sur Facebook et nos commentaires sur des sites de news communiquent très souvent nos points de vue et nos sentiments. Extraire ces informations de façon automatique peut s'avérer très utile. Il est possible d'établir des prévisions sur l'issue d'élections en se basant sur l'analyse de tweets, ou de déterminer si des clients ont une attitude positive ou négative à l'égard d'une marque. Certains algorithmes estiment les risques qu'une personne soit dépressive en se fondant sur le choix des mots qu'elle emploie sur Facebook.

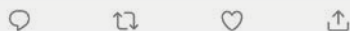
La plupart de ces outils d'analyse se basent soit sur des listes de mots établies manuelle-

ment signalant des émotions particulières, soit sur l'apprentissage automatique. Ils s'avèrent souvent assez précis lorsqu'il s'agit uniquement de faire la différence entre des sentiments positifs et négatifs. Le décodage plus raffiné d'émotions telles que la joie, la colère ou la tristesse est plus difficile, notamment si elles ne sont exprimées que de façon implicite. Il est très difficile de classer les mots ambigus, de reconnaître l'ironie ou de tenir compte du contexte. Pour tenter d'y arriver, certaines recherches misent sur la capacité d'apprentissage étendue des réseaux neuronaux profonds, une forme sophistiquée d'appren-

tissage automatique qui permet d'aborder des problèmes plus complexes.

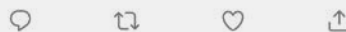
Par exemple, l'équipe de Pearl Pu à l'EPFL a interprété les sentiments exprimés dans plus de 50 000 Tweets postés lors des Jeux Olympiques de Londres en 2012. L'algorithme développé suit la méthode du «distant learning»: il analyse les indices présents dans les textes eux-mêmes, par exemple les emoticons, avant de généraliser et de pouvoir interpréter des Tweets ne comprenant que du texte (voir exemples ci-dessous). Parfois avec un certain succès.

Wonderful #music at the
#Olympics #OpeningCeremony



Emotion reconnue: fierté

This is so cute!!! #london2012
#olympicceremony
#BBCOlympics



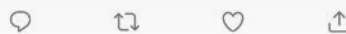
amour

Up at 5am on a sat morning
to watch the #London2012
Olympics #OpeningCeremony
Sucked into the hype or what?



regrets

Why are the choir in their
pyjamas? :/ #london2012.
#OlympicOpeningCeremony



pitié

interrompu la communication. C'est pourquoi les systèmes sensibles aux émotions doivent tirer des conclusions parfaitement correctes. Pour la chercheuse, il vaut mieux interroger directement les utilisateurs sur leurs sentiments plutôt que de tenter de les déduire de façon indirecte à partir de données - et de risquer de se tromper.

La confiance est cruciale pour que les gens fassent appel aux technologies intelligentes. Etonnamment, il arrive qu'une machine suscite davantage de confiance qu'un être humain. Cela peut être précieux dans un cadre thérapeutique, comme l'a montré une étude américaine sur d'anciens combattants. Lorsque les sujets ont appris qu'ils discutaient en fait avec une thérapeute virtuelle pilotée par un ordinateur, ils ont eu plus de facilité à évoquer leurs souvenirs honteux que lorsqu'ils imaginaient converser avec une vraie personne. La machine a réduit leur crainte de se voir jugés moralement.

C'est là que se cache un nouveau risque, note Elisa Mekler: «Les systèmes qui interagissent de manière humaine peuvent

facilement nous soutirer des informations très personnelles.» Cela soulève des questions de protection de la personnalité ainsi que des données. Il en va de même pour les technologies qui reconnaissent automatiquement les émotions. Jusqu'à quel point les données récoltées par des véhicules prenant en compte nos émotions ou des logiciels d'analyse vocale sont-elles sécurisées? Qui peut y accéder? Une étude de l'Université de Siegen, en Allemagne, révèle que les utilisateurs potentiels souhaitent que leurs données soient enregistrées de manière sûre et ne soient pas transmises à des tiers. Ils ne seraient prêts à utiliser des technologies sensibles aux émotions qu'à cette condition.

Claudia Hoffmann est journaliste scientifique libre et travaille au WSL de Davos.

Surprise et colère, désir et peur, joie et tristesse: Fred Merz a revisité Genève pour Horizons afin de traduire en image les principales émotions. Le travail artistique du photographe genevois se distingue par un éclairage minutieux - jusqu'à une dizaine de flashes sont installés pour une prise de vue - ainsi que des mises en scène à l'atmosphère cinématographique. «J'ai d'abord cherché les endroits auxquels j'associe des émotions, avant d'imaginer pour chacune d'elle une histoire particulière, raconte le photographe. Tous les figurants font partie de mes connaissances: après tout, il est bien plus agréable de travailler avec les gens qu'on aime!» Fred Merz est cofondateur de l'agence Lundi13.



INTERVIEW

«Portez un accessoire bleu ciel!»

Foto: wettli.ch



Daniel Löhr, de l'entreprise suisse E.M.S., a cofondé la première Journée des ingénieurs. Il appelle les professionnels à afficher leurs couleurs le 15 mars 2019 dans tout le pays.

Pourquoi une Journée des ingénieurs?

Nous voulons donner un visage aux gens qui fabriquent les objets qui nous entourent. On pense facilement à certains métiers comme médecin ou pilote, mais moins à celles et ceux qui ont construit l'hôpital ou l'avion... Nous voulons mettre l'accent non pas sur la profession mais sur les gens, avec toutes leurs différences. Il existe déjà des actions ponctuelles, comme des visites d'écoles, mais leur portée n'est pas assez grande.

Qu'y a-t-il au programme?

Des manifestations dans des hautes écoles et des entreprises. Mais nous espérons aussi que les hommes et femmes ingénieurs entrent en discussion avec la population de manière informelle. Nous les prions de porter le 15 mars un accessoire bleu ciel - une pochette, un foulard, des chaussettes - afin de se signaler à l'attention de son entourage: «Posez-moi

des questions, discutons de ce que je fais, échangeons». Et aussi pour souder notre communauté le temps d'un jour.

Les deux fondateurs du projet travaillent pour une entreprise privée. Étonnant, non?

Il s'agit d'une initiative entièrement individuelle et bénévole, lancée avec mon collègue Christian Vils. J'ai été longtemps actif dans des associations, et je sais qu'un projet officiel générerait des longs processus pour le financement et l'organisation. Mais nous préférons faire plutôt que discuter.

De quel budget disposez-vous?

Nos dépenses ne devraient pas dépasser les 10 000 francs. Nous n'avons jamais voulu d'une grosse organisation qui ralentirait les prises de décision. Nous développons un mouvement bottom-up où les personnes et institutions décident d'elles-mêmes de leur contribution.

La Journée des ingénieurs... Vous avez oublié les femmes?

Au contraire! Nous avons consulté quatre professionnelles pour avoir leur avis sur l'intitulé de la manifestation, et toutes nous ont déclaré qu'elles se sentaient incluses. L'une d'elles est ma future belle-fille. Elle m'a dit: «Ingénieur ou ingénieure? Cela m'est complètement égal!»

Votre manifestation a lieu le lendemain de la Journée de Pi. L'ingénierie après les maths?

Pur hasard. Qui fait bien les choses, je trouve!

Interview: Daniel Saraga

NEWS

Chine: punitions sociales pour scientifiques fraudeurs

■ Le Système de crédit social chinois, qui attribue des notes de mauvaise conduite à ses citoyens, devrait être étendu aux chercheurs reconnus coupables de comportement scientifique incorrect. Ceux-ci pourraient ainsi perdre l'accès à des prêts bancaires ou à des emplois hors du milieu académique, selon Nature.

L'intelligence artificielle aide le peer-review

■ La maison d'édition suisse Frontiers Media a développé un système d'intelligence artificielle pour faciliter le travail de ses éditeurs. Il suggère des experts potentiels et identifie les conflits d'intérêt ou encore les indices de plagiat.

LA CITATION

«Un jour, si ça continue ainsi, mener des recherches à Zurich ne sera plus intéressant.»

■ Manfred Kopf, de l'ETH Zurich, dénonce dans la NZZ l'augmentation de la bureaucratie et des exigences posées par la Commission cantonale pour les expériences sur les animaux.

LE CHIFFRE

84 339

■ Le nombre de nouveaux auteurs ayant publié en 2018 sur Biorxiv, un serveur de preprints de biologie. Ils sont quatre fois plus nombreux qu'en 2016. Mais seulement 67% des preprints déposés avant fin 2016 ont été par la suite publiés dans un journal (jusqu'à fin 2018).

LA CITATION

«Lorsque les requérants [d'un financement] ne reconnaissent pas à quel point le concours est déjà une loterie, ils vont surinvestir dans la préparation de propositions, au détriment de la science.»

■ K. Gross et C. Bergstrom analysent dans Plos Biology le rapport coûts/bénéfices inhérent à la préparation de demande de financement d'un projet de recherche.

L'OUTIL

European Open Science Cloud

■ Lancée fin 2018, la plateforme EOSC permet de partager des données de recherche en biologie, environnement, physique ou encore en humanités digitales. La Suisse soutient le projet et ses scientifiques y ont accès.

LE COÛT

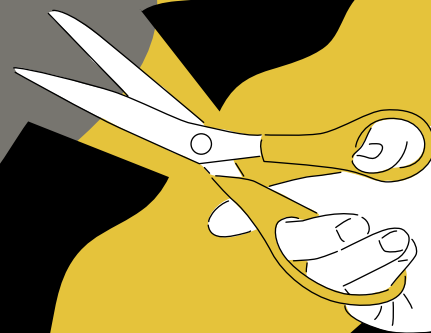
EUR 9 milliards

■ Budget estimé de la construction du Future Circular Collider, proposé en début 2019 par le CERN et qui serait hébergé dans un tunnel de 100 km de long.

La recherche doit réduire ses émissions de CO₂

Partir en conférence ou visiter des collègues à l'autre bout de la planète: des choses bien normales dans le milieu scientifique. Les hautes écoles helvétiques veulent réduire leur impact climatique et certains de leurs employés le font déjà. Témoignages, initiatives et chiffres sur l'empreinte climatique de la science.

Texte: Marcel Falk, Infographie: Ikilo



Les solutions des étudiants

«Pour un véritable changement, il nous faut d'abord transformer la culture», déclare **Marco Mazzotti**. Lorsque l'ETH Zurich demande en 2017 à tous ses départements de définir des objectifs et de prendre des mesures pour réduire les gaz à effet de serre, le professeur du Département génie mécanique et des procédés implique immédiatement les postdocs et les étudiants. Ceux-ci jouent un rôle central: ils peuvent désormais réaliser des projets qui s'inscrivent dans les objectifs de développement durable, financés par une taxe CO₂ prélevée sur les vols. «Des centaines d'étudiants réfléchissent ainsi chaque année aux moyens de rendre la science plus durable tout en accumulant des expériences précieuses», commente Marco Mazzotti.



Réunion dans un village suisse

Plus de 40 000 oncologues s'envolent chaque année du monde entier pour le congrès de la Société américaine d'oncologie clinique. En Suisse, des spécialistes préfèrent se rendre à Flüeli-Ranft, un paisible village du canton d'Obwald. Ils s'y réunissent pendant trois jours dans un hôtel. Un comité et des personnes sur place sélectionnent les conférences les plus importantes pour le travail clinique, parmi les quatre à cinq mille contributions que compte le congrès. «Le gain de temps est considérable pour nos participants, souligne l'un des initiateurs du projet, **Daniel Helbling**, de l'Onkzentrum Zürich. Nous économisons du temps, de l'argent et 133 tonnes de dioxyde de carbone par an.» Les médecins suisses regardent les conférences en vidéo avec un jour de décalage, en discutent entre eux ainsi qu'avec certains conférenciers aux Etats-Unis. «Avant, je revenais de ces conférences épuisé et écrasé par l'offre gigantesque, glisse Daniel Helbling. Aujourd'hui je me sens reposé - et bien informé!»



Trois conférences par an au maximum

Choquée par la quantité de CO₂ produit par les voyages professionnels de son institution, **Gisou van der Goot**, de l'EPFL, a formulé un plan ambitieux: réduire de moitié les émissions de gaz à effet de serre de la Faculté des Sciences de la Vie, dont elle est la doyenne (voir également «La butineuse de science», p.32). «Nous encourageons nos professeurs assistants à mentionner dans leur dossier de promotion trois conférences internationales par an au maximum», explique la biologiste. Comme les échanges scientifiques restent de première importance, elle dit vouloir acquérir une infrastructure de visioconférence de premier choix et organiser des hubs régionaux ou nationaux durant les conférences internationales. La direction de l'EPFL cherche encore le bon dosage entre ces différentes mesures. «Nous nous sentons comme des pionniers», glisse Gisou van der Goot.

L'empreinte écologique de la recherche

Groupes de recherche, facultés et hautes écoles ont commencé à analyser leurs émissions de CO₂.
Principaux responsables: les voyages d'affaires lointains ainsi que le trafic pendulaire.

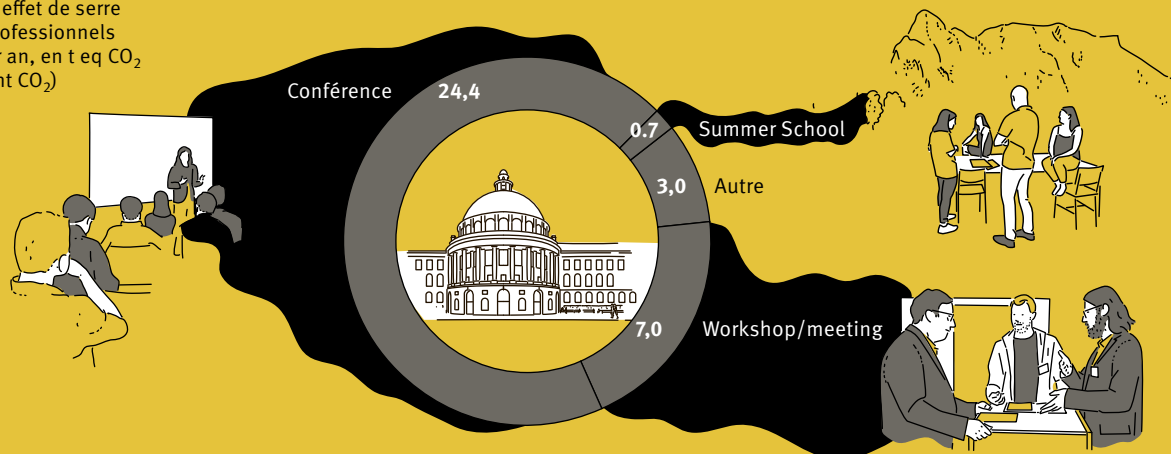
Groupe de recherche à l'ETH Zurich

«La majeure partie de nos émissions de gaz à effet de serre proviennent de notre participation à une conférence nommée Ocean Sciences qui a lieu tous les deux ans. Nous n'avons pas le choix, il faut nous y rendre. Mais peut-être que moins de personnes pourraient le faire.»



Le climatologue Nicolas Gruber dirige un groupe de recherche d'une vingtaine de personnes à l'ETH Zurich.

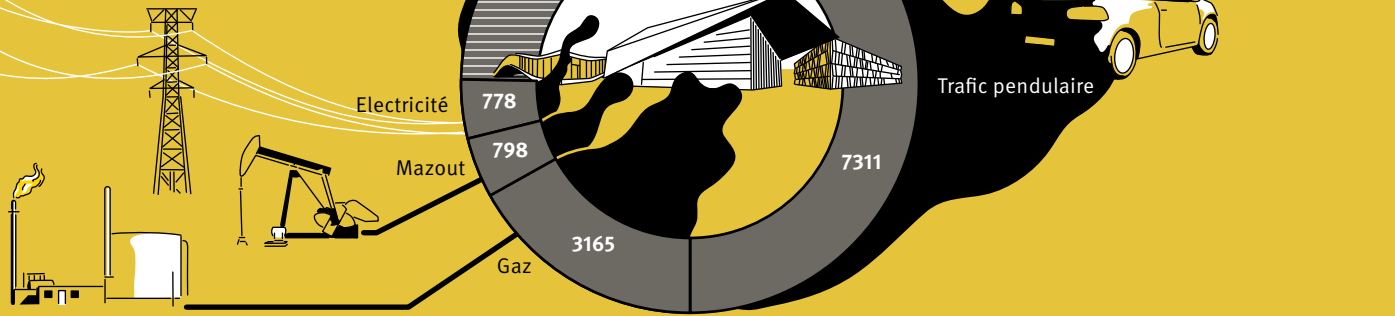
Emissions de gaz à effet de serre pour les voyages professionnels
Par personne et par an, en t eq CO₂
(tonnes d'équivalent CO₂)
Ø 2013-18



Ecole polytechnique fédérale de Lausanne (EPFL)

Les déplacements professionnels et le trafic pendulaire ont le plus d'impact sur le climat

Emissions de gaz à effet de serre
Par an, t eq CO₂
Ø 2014-16



Déplacements professionnels: les vols intercontinentaux alourdissent fortement le bilan

Emissions de gaz à effet de serre pour les voyages professionnels
Par an, en t eq CO₂
Ø 2014-16

Vols intercontinentaux 5019

Vols européens 1290

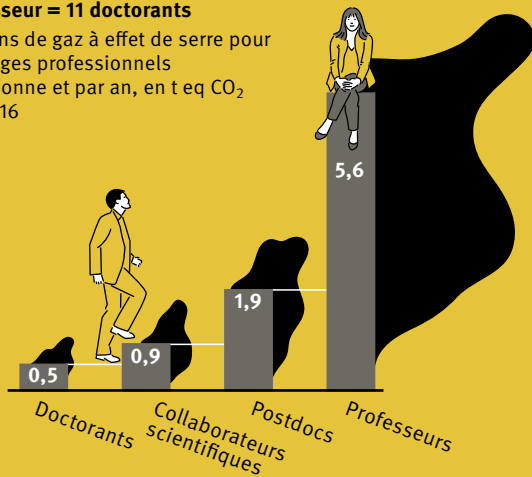
Voiture 231

Train 148



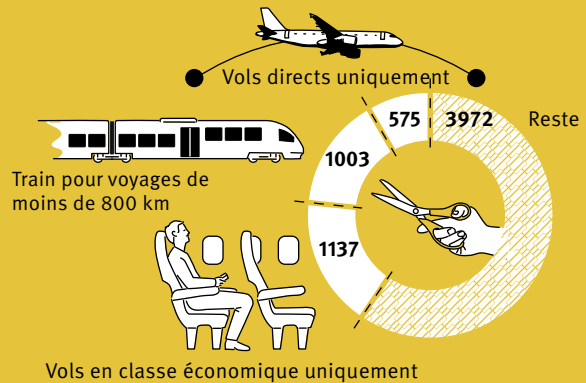
1 professeur = 11 doctorants

Emissions de gaz à effet de serre pour les voyages professionnels
Par personne et par an, en t eq CO₂
Ø 2014-16



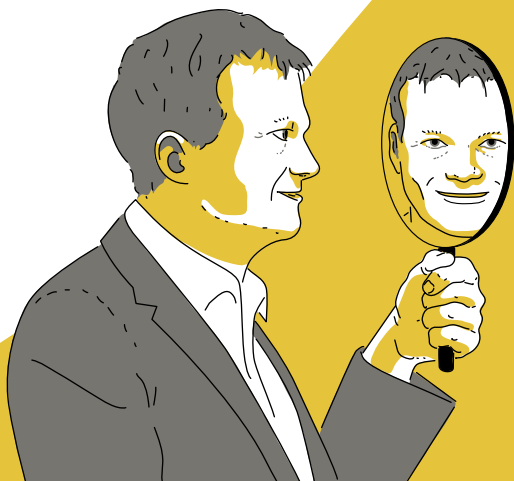
Economiser 40% sans voyager moins

Réduction possible des émissions de gaz à effet de serre
Par an, en t eq CO₂

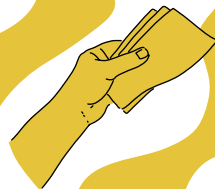


Des idées contre les émissions

L'ETH Zurich s'est mobilisée: l'administration et tous les départements ont dû déterminer la manière dont ils entendent réduire leurs émissions de gaz à effet de serre. Résultat: une multitude d'idées et un objectif fixé à une réduction de 11% par personne d'ici 2025. Les mesures sont entrées en vigueur en janvier 2019.



Publication interne du niveau d'émissions par professeur



Taxe CO₂ sur les billets d'avion



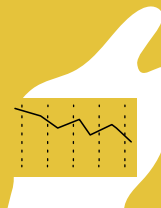
Formation aux visioconférences



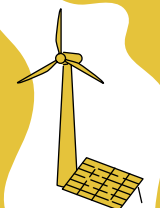
Examen des règlements de l'ETH Zurich sous l'angle du climat



Intégrer les émissions dans les classements des universités



Suivi en temps réel



Compensation des émissions



1ere classe pour les longs voyages en train



Pas de vols pour les présentations de posters à des conférences



Distinction pour les employés qui voyagent de manière durable



Conseils pour les déplacements en avion

«Un comportement écologique responsable ne doit pas faire obstacle à la carrière»

Reto Knutti s'engage désormais davantage au niveau national et ne prend jamais de vols intercontinentaux pour un seul jour. Le climatologue de l'ETH Zurich explique les difficultés que rencontre un chercheur désireux de respecter l'environnement.

L'ETH Zurich veut réduire de 11% les émissions de gaz à effet de serre aux déplacements professionnels d'ici 2025. Cela suffit-il?

Non, mais c'est un premier pas important. Les Suisses prennent toujours davantage l'avion. L'ETH Zurich veut maintenant inverser cette tendance.

Mais les 89% suivants seront plus difficiles.

Pas nécessairement. Il faut un changement en profondeur. Aujourd'hui, les scientifiques qui veulent une réputation d'excellence se doivent de voyager dans le monde entier. La distance ne joue aucun rôle dans le choix des conférences, des partenaires ou des études de terrain. Changer tout cela

représente la partie la plus difficile. Nous menons justement ces discussions.

Peut-on envisager une science globale sans voyages en avion?

Certainement, en le prenant bien moins souvent. Mais, dans certains cas, une présence sur place s'avère nécessaire, par exemple lors de nouveaux partenariats.

A quels risques s'exposent les scientifiques et les institutions qui prennent les devants?

C'est particulièrement difficile pour les jeunes chercheurs, qui doivent faire leur place. Nous ne pouvons donc pas nous contenter d'encourager un comportement écologique responsable: il faut également modifier les critères d'évaluation afin qu'un tel choix ne se transforme pas en un obstacle à la carrière ou à l'excellence. Mais ces changements présentent également des avantages pour les institutions. On sous-estime grandement les coûts réels de tous ces vols - je pense notamment au temps investi, au jetlag et à la famille.

Diminuer les émissions, est-ce un devoir pour la science?

Evidemment. Face à un problème global tel que le changement climatique, il ne doit pas y avoir de profiteurs. Tout le monde doit participer. Et pas seulement les chercheurs. Parce qu'en moyenne, un Suisse vole plus loin qu'un chercheur de l'ETH pour son travail.

Quelles règles vous êtes-vous données concernant l'utilisation de l'avion?

Je m'engage désormais davantage au niveau national et trouve ici des projets aussi pertinents que sur les autres continents. Et je vole aussi peu que possible, jamais en classe business et ne fais jamais de vols intercontinentaux pour un seul jour.

Le climatologue Reto Knutti est professeur à l'ETH Zurich et président de ProClim, le Forum sur le climat et les changements globaux de l'Académie des sciences naturelles.

«La majorité des étudiants exercent une activité lucrative en parallèle»

Le psychologue Sandro Vicini connaît parfaitement les soucis liés aux études universitaires: il dirige le Service de conseil des hautes écoles bernoises.
Propos recueillis par Franca Siegfried

Pour quelles raisons les étudiants viennent-ils vous demander conseil?

Leurs questions portent notamment sur les stratégies d'apprentissage, la peur des examens, le stress, les compétences pour présenter des exposés, la rédaction scientifique ou encore la carrière. A cela peuvent s'ajouter des problèmes comme des conflits au sein d'une colocation ou avec les parents, ou encore une maladie grave.

Quel est le thème le plus récurrent?

C'est celui de la planification de la carrière. Le système de Bologne a augmenté le nombre d'options pour les étudiants et l'offre des hautes écoles en Suisse et à l'étranger s'est complexifiée. Nombre d'eux ont de la peine à avoir une vue d'ensemble.

D'un point de vue psychologique, l'un des gros défis à relever est de répondre à la question: que vais-je devenir? Certains l'affrontent rapidement, d'autres optent pour une discipline sans plan précis. Nous aidons les étudiants et les étudiantes à prendre des décisions de manière autonome et si possible adéquate.

La génération actuelle d'étudiants est-elle particulièrement demandeuse de conseils?

En comparaison avec l'évolution du paysage des hautes écoles, les besoins de conseils ont connu une croissance disproportionnée. On pourrait en déduire que les étudiants actuels ont une plus faible résistance au stress. Celle-ci ne dépend toutefois pas que de leur personnalité. Dans le système de Bologne, le rythme des examens est beaucoup plus soutenu et le



Que vais-je devenir? La question pèse sur les étudiants et les étudiantes, selon le psychologue Sandro Vicini. Photo: Valérie Chételat

système des crédits ECTS exige un modèle d'études à temps complet. Malgré cela, 80% des étudiants exercent une activité lucrative en parallèle. C'est un fardeau, et beaucoup de ceux qui ne peuvent pas y faire face s'adressent à nous.

«Les femmes sont davantage prêtes à parler de leurs problèmes.»

Le soutien psychologique s'est-il uniformisé dans le pays?

Non. Chaque canton possède ses propres structures et l'ancrage des services de consultation au sein des institutions est très différent.

Les étudiantes ont-elles d'autres soucis que leurs collègues masculins?

Non. Mais elles se laissent plus volontiers conseiller: notre clientèle comprend deux tiers de femmes et un tiers d'hommes, alors que cette répartition est plus ou moins paritaire dans les hautes écoles.

Comment expliquez-vous cela?

Les femmes sont davantage prêtes à parler de leurs problèmes.

Certaines études indiquent qu'un étudiant sur deux aurait des problèmes psychologiques.

C'est un résultat alarmiste qui exige d'examiner les méthodes employées... Il y a certes des étudiants confrontés à une crise existentielle, mais leur nombre est comparativement faible.

Quelles sont les questions que vous posez les doctorants?

La thèse est souvent liée à une double dépendance: ils sont d'une part rattachés à la chaire de leur directrice ou directeur de thèse, où ils exercent un emploi rémunéré, et, d'autre part, leur travail est évalué par leurs supérieurs.

C'est pourquoi des problèmes surviennent souvent dans le corps intermédiaire?

Dans ces structures, la sécurité de l'emploi n'est pas assurée et la concurrence est féroce car les postes fixes sont peu nombreux. On constate également des lacunes et des ambiguïtés au niveau de la direction. Ces éléments peuvent favoriser le harcèlement, mais les vrais cas sont heureusement relativement rares..

Franca Siegfried est conseillère scientifique des Académies suisses des sciences.

Hautes écoles: le casse-tête de la communication de crise

Les universités ne sont guère épargnées par les crises, mais peinent souvent à s'y préparer. Handicap de taille: leur structure décentralisée. Une analyse de *Michael Furger*.

L'Université de Saint-Gall avait déjà connu des temps plus tranquilles. En 2018, un professeur d'économie fait d'abord la une des journaux. En cause: son rôle de président du conseil d'administration de la banque Raiffeisen. Ensuite, la haute école doit engager une procédure contre un institut en raison de soupçons sur des notes de frais excessives. Et, finalement, le recteur lui-même est mis sous pression, à cause de ses activités annexes - et largement rémunérées.

Ces crises ne sont pas isolées. On pourrait citer les polémiques qui ont suivi la parution de questionnaires d'examen dans diverses universités, les cas de harcèlement à l'ETH Zurich en 2017, le contrat de sponsoring entre l'UBS et l'Université de Zurich il y a six ans, l'affaire de plagiat à l'Université de Neuchâtel en 2013 ou encore la plus grande crise récente du milieu universitaire helvétique: l'affaire Mörgeli, liée au licenciement de cet historien controversé, et qui a secoué l'Université de Zurich en 2012.

Les réactions des institutions s'avèrent souvent désemparées, parfois confuses ou encore offensées. L'ETH Zurich a cherché à étouffer les problèmes de harcèlement et, lorsque ceux-ci ont été rendus publics, elle a semblé laconique et offusquée.

Une enquête en Allemagne aboutit au même constat. Les services de communication des hautes écoles excellent dans l'art de publier des magazines sur papier glacé et des communiqués à propos de leurs recherches. Mais ils ne semblent guère préparés à gérer des crises. En 2017, les responsables de la communication de 67 universités allemandes ont été interrogés dans le cadre d'une étude de l'Université technique d'Ilmenau. Environ 80% ont affirmé avoir déjà vécu au moins une crise. La plupart du temps, il s'agissait de comptes

rendus négatifs dans les médias ou de comportements fautifs de collaborateurs ou d'étudiants. L'enquête indique que des instruments importants, tels que la formation aux médias, l'élaboration de scénarios de crise et de directives sur la manière d'appréhender les médias sociaux n'ont été mis en place que dans peu de cas.

Des données équivalentes sur la Suisse n'existent pas, mais la communication des hautes écoles est comparable à celle qui existe en Allemagne, relève Birte Fähnrich, collaboratrice scientifique à l'Académie des sciences de Berlin-Brandebourg et coéditrice d'un ouvrage consacré à ce thème.

Expliquer les pratiques

Birte Fähnrich s'est notamment penchée sur un cas survenu en 2012: l'affaire de plagiat de l'ancienne ministre allemande de l'éducation, Anette Schavan. Selon la chercheuse, l'affaire n'a pas seulement eu des conséquences pour l'ex-ministre qui a perdu son poste et son titre de docteur, mais également pour l'Université de Düsseldorf qui n'a pas réussi à faire face à cette crise de façon satisfaisante. Dans sa communication, la haute école s'est employée à mettre au premier plan la procédure en matière de contrôle et de retrait des diplômes. «Elle s'est uniquement préoccupée de la régularité formelle et juridique», souligne Birte Fähnrich, sans avoir réussi à assumer sa mission de «communicatrice scientifique», c'est-à-dire d'expliquer les pratiques et les problèmes liés au travail universitaire et de restaurer ainsi la réputation de la formation académique.

La manière dont les crises sont perçues publiquement et l'ampleur des dégâts de réputation pour une institution ou pour la communauté scientifique dépend fortement de la communication employée.

Pourquoi même d'excellentes universités ne parviennent-elles pas à relever ce défi? L'une des raisons se trouve dans la structure décentralisée de ces hautes écoles, explique Rolf Probala, responsable de la communication de l'ETH Zurich de 2000 à 2006 et aujourd'hui conseiller en communication. La haute école est conçue comme une «république des érudits» qui s'administre elle-même et accorde une grande autonomie aux professeurs. Cela a du sens lorsqu'il s'agit de traiter des questions académiques dont on peut longuement débattre. Mais dans des situations de crise qui exigent de réagir rapidement et de façon décidée, ce modèle de direction «devient une hypothèque, voire une cause de fiasco».

«Les hautes écoles doivent prendre conscience que les crises sont normales.»

Peter Stücheli-Herlach

La deuxième raison de ces difficultés réside dans la taille et la complexité des hautes écoles, selon Rolf Probala. Tout en haut de la hiérarchie, les responsables ne sont souvent informés de la crise que tardivement en raison des longs canaux de communication internes et d'intérêts divergents. Si cela vaut également pour les grandes entreprises privées et les institutions étatiques, «la structure des hautes écoles avec leur direction plutôt en retrait aggrave le problème.» Une communication efficace est entravée par la forte diversité des crises qui peuvent frapper les universités et qui n'ont parfois rien à voir avec le travail scientifique. En tant que responsable de la communication de l'ETH Zurich,



Le 21 septembre 2012, le recteur de l'Université de Zurich, Andreas Fischer, annonce la suspension de Christoph Mörgeli de son poste de conservateur du Musée de l'histoire de la médecine. Les conséquences de l'affaire le pousseront à démissionner un an plus tard. Photo: Keystone/Alessandro Della Bella

Rolf Probal avait développé un concept de gestion des crises recouvrant des fraudes scientifiques, des abus et des comportements criminels du personnel, voire une explosion dans un laboratoire disséminant des substances toxiques ou encore des attentats terroristes et des attaques de hackers.

Des exemples aux États-Unis montrent que ces scénarios sont tout à fait crédibles. L'une des plus grandes crises dans une université américaine a eu lieu en 2007 à la Virginia Polytechnic Institute and State University, lorsqu'un étudiant souffrant de troubles psychiques a abattu 32 enseignants et étudiants sur le campus. La communication de l'institution avait été vertement critiquée à l'époque: les étudiants n'avaient pas été informés assez rapidement après les premiers tirs. S'ils l'avaient été, des vies humaines auraient pu être épargnées.

Sortir de sa bulle

Les hautes écoles devraient modifier leur perception des crises, estime Peter Stücheli-Herlach professeur de communication organisationnelle et publique à la Haute école zurichoise des sciences appliquées (ZHAW). «N'importe quelle institution

d'une certaine taille sera un jour frappée par une crise», argue-t-il. Les hautes écoles sont particulièrement menacées parce qu'elles sont aujourd'hui souvent exposées et sujettes à controverse. Les ressources financières dont elles ont besoin et la science elle-même sont sans cesse remises en question. On assiste à des débats éthiques et à des tensions sociales. «Dans ce contexte, il est même étonnant qu'il n'y ait pas davantage de crises.»

Du fait des débats sociaux qui se durcissent, des temps difficiles attendent les hautes écoles. Elles doivent prendre conscience du fait que les crises sont normales. Un premier pas vers cette prise de conscience consiste à poser un regard extérieur sur ses activités. «Il faut que les scientifiques cessent de prétendre qu'ils en savent de toute façon plus que tous les autres», lance Peter Stücheli-Herlach. Il conviendrait mettre en place une infrastructure capable d'identifier de manière permanente de possibles foyers de crises et de controverses sociales. «Toute université peut un jour ou l'autre être concernée par ce type de débat.» Le spécialiste plaide en faveur d'un observatoire et d'une culture du dialogue, même avec ceux qui expriment

des critiques. Il pense que les médias institutionnels doivent devenir plus critiques et se distancier de la «propagande scientifique». Selon lui, les hautes écoles «doivent aussi sortir de leur propre bulle.»

Une telle stratégie aurait peut-être évité que l'affaire Mörgeli ne prenne une si grande ampleur, poursuit-il: «Il était prévisible que cette constellation mène à une escalade. On aurait pu s'entretenir avec Christoph Mörgeli bien plus tôt.» Et l'idée qu'une haute école doit toujours parler d'une seule voix est une erreur, car «le public bien formé sait qu'il y a des points de vue différents au sein des grandes organisations».

Pour les hautes écoles, faire face à des crises et à des journalistes opiniâtres posant des questions critiques doit à l'avenir être considéré comme faisant partie de la normalité, poursuit Peter Stücheli-Herlach. Les instances qui maintiennent le contact avec les médias et les observateurs critiques tout en restant attentives aux controverses sociales auront les meilleures chances de communiquer de manière pertinente en cas de crise.

Michael Furger est journaliste à la NZZ am Sonntag.

La butineuse de science

Elle se voit comme une nomade de la recherche: la biologiste Gisou van der Goot a grandi sur quatre continents et marque aujourd'hui de son empreinte les sciences de la vie à l'EPFL. Rencontre avec une chercheuse enthousiaste qui ne se prend pas au sérieux. *Par Martine Brocard*

«En science, il y a les chercheurs très focalisés qui poursuivent pendant des années un but donné. Et il y a ceux que j'appelle les pollinisateurs, qui passent plus volontiers d'un sujet à l'autre, s'amuse Gisou van der Goot. Moi, je fais partie de cette deuxième catégorie.» La professeure de l'EPFL dit d'ailleurs suivre son intuition, ce qui lui réussit. Elle a reçu des prix prestigieux pour ses recherches en biologie cellulaire et fait partie du cercle restreint des doyens de la haute école lausannoise.

Ingénieure de formation reconvertie en biologiste, cette femme enjouée se définit comme une nomade de la science. Elle connaît la portée du mot: néerlandaise d'origine, elle a grandi entre l'Iran, l'Égypte, l'Indonésie et les États-Unis, en déménageant pratiquement tous les deux ans, dans le sillage de son père, agroéconomiste à l'ONU. Scolarisée à l'école française, la «fana de mathématiques» se décide pour des études d'ingénieure à Paris. Diplôme en poche, elle écoute la petite voix qui lui souffle qu'elle risque de «regretter à 40 ans de ne pas avoir essayé la recherche». Elle réalise donc une thèse en biophysique moléculaire.

Le plaisir des crises

Mais son laboratoire parisien lui paraît «peu inspirant», et elle décide de faire un deuxième essai pour son postdoc au Laboratoire européen de biologie moléculaire (EMBL), à Heidelberg. «J'y ai découvert ce qu'était la recherche. Cet institut est une véritable fourmilière de sciences où on peut très vite faire plein d'expériences. Je me suis rapidement sentie à ma place dans cet essaim.» Elle y rencontre son mari, actuellement professeur de biochimie à l'Université de Genève, et y trouve la confirmation que la biologie lui convient mieux que l'ingénierie. «Les ingénieurs cherchent à résoudre des problèmes relativement bien définis. Mais les biologistes, eux, vivent une sorte de crise existentielle permanente. On ne sait jamais si on se pose la bonne question. Angoissant? Pas le moins du monde! J'aime être dans cette quête et ce questionnement...»

Et sa quête depuis plusieurs décennies est celle de la cellule. «Cette unité biologique fondamentale est capable de compiler toute une série d'informations et de réagir vis-à-vis d'elles comme un

mini-cerveau, ce qu'on ne comprend pas. Cela me fascine», vibre-t-elle. Les méandres de son «fleuve de la science» l'ont également amenée à se passionner pour la relation «hôte-pathogène»: elle s'intéresse notamment à plusieurs toxines bactériennes qui utilisent des protéines comme porte d'entrée du corps.

Contre les préjugés

Mais la société n'a pas toujours partagé son enthousiasme pour la recherche, raconte la doyenne de la Faculté des sciences de la vie à l'EPFL: «Ce n'est pas facile en Suisse d'être une mère qui fait carrière». Elle se souvient bien du jour où la mère d'une camarade de sa fille, à qui elle venait de se présenter, lui a répondu: «Mais je vous connais, vous êtes la maman qui n'est jamais là!» De telles critiques l'ont touchée: «On a beau se protéger, c'est dur», confie-t-elle. Et son fils de lui demander pourquoi elle n'était pas «comme les autres mamans» et qu'elle devait si souvent voyager.

«En biologie, on ne sait jamais si on se pose la bonne question.»

«C'est là que j'ai découvert l'importance des récompenses», rigole-t-elle. En 2009, elle reçoit coup sur coup les Prix Lenards et Marcel Benoist. «Soudainement une instance supérieure - à savoir les médias, y compris locaux - ont déclaré que mon travail en valait la peine. Cela a changé ma vie privée, ainsi que le regard porté sur mon travail par mes enfants, leurs enseignants et les autres parents.»

Ses études d'ingénieure l'avaient habituée à faire partie de la minorité féminine. Néanmoins, elle dit n'avoir jamais autant ressenti les préjugés liés au genre que depuis son accession au décanat. Ils l'ont «frappée comme une giflette», notamment à ses débuts. «Dans les réunions, ceux qui ne me connaissaient pas pensaient que j'étais là pour prendre le procès-verbal... Je ne peux pas leur en vouloir puisque, d'un point de vue statistique, il y a tellement peu de femmes dans les directions.» Elle s'efforce d'encourager la présence des femmes et des parents au sein de la faculté,

notamment en s'impliquant fortement dans du mentorat de jeunes chercheuses.

Elle se dit également préoccupée par le changement climatique, et veut lancer un appel à ses collègues afin de diminuer leurs voyages intercontinentaux: «Chacun devrait faire quelque chose pour diminuer son empreinte carbone» (voir «La recherche doit réduire ses émissions de CO₂», p. 25).

La biologiste ne compte pas s'éterniser au décanat: «J'arrêterai après mon second mandat, lorsque j'aurai terminé les restructurations visant à professionnaliser certaines fonctions.» La nomade se dit désormais bien établie: «Je ne bougerai plus! Il y a un âge où il faut s'arrêter de déménager, car c'est le tissu social qui permet de vivre bien le plus longtemps possible. Les racines sont plus importantes quand on est âgé.» Une conviction qui l'a poussée à refuser des postes de direction dans de prestigieuses institutions à l'étranger: «J'ai immédiatement décliné. Ils doivent penser que je suis folle», sourit-elle.

Le goût du voyage n'a pourtant pas quitté cetteoureuse du Moyen-Orient, qui rêve notamment de visiter l'Afghanistan. Mais son travail et le temps des vacances lui suffisent. «Le milieu de la recherche est idéal car on rencontre plein de gens, on voyage, sans devoir bouger tout le temps. En Suisse, je peux vivre dans un village de 1000 habitants tout en faisant de la science de haut niveau. C'est un luxe.» Ou quand la nomade trouve l'équilibre - presque - parfait.

Martine Brocard est journaliste indépendante à Lausanne.

Bio express

Née en 1964, Gisou van der Goot est docteure en biophysique moléculaire de l'Université de Paris VI. Après son postdoctorat au Laboratoire européen de biologie moléculaire à Heidelberg, la Suisso-néerlandaise rejoint l'Université de Genève à trente ans. Elle est nommée en 2006 professeure à l'EPFL, où elle dirige le Laboratoire de biologie cellulaire et membranaire. Depuis 2014, elle est doyenne de la Faculté des sciences de la vie. Gisou van der Goot est mariée et mère de deux enfants de 18 et 15 ans.



La pisciculture du futur peine à décoller

L'aquaponie rêve d'une production circulaire: les déjections de poissons, riches en engrais, nourrissent des salades qui purifient l'eau en retour. Mais la technologie échoue à se développer. Analyse.

Par Simon Koechlin



En 2015, le pavillon belge de l'exposition universelle à Milan présente un système d'aquaponie. Photo: Pietro Baroni

Les investisseurs étaient conquis, les médias élogieux, les politiciens optimistes. En 2015, le Conseiller fédéral Johann Schneider-Ammann présentait à ses homologues allemand, autrichien et luxembourgeois une serre située dans l'ancienne zone industrielle de Dreispitz, à Bâle. Il ne s'agissait toutefois pas d'une serre ordinaire mais d'une «révolution», comme l'affirmait la start-up Urban Farmers qui l'exploitait.

Installée sur le toit d'un dépôt de locomotives, cette ferme constituait la première installation aquaponique commerciale de Suisse. Ce type d'exploitation combine l'élevage de poissons et la culture de plantes. Elle se base sur un cycle intégrant l'eau et la nutrition: avec leurs excréments, les poissons fournissent l'engrais nécessaire à des légumes cultivés hors-sol qui, en retour, purifient l'eau de l'installation. La technique ne nécessite ni terre ni engrais.

L'idée a quelque chose de fascinant. Mais, jusqu'à présent, la révolution n'a pas eu lieu. Le projet d'Urban Farmers à Bâle a fermé au début 2018. De nouvelles tentatives à Wallisellen (ZH) et à La Haye, aux Pays-Bas, ont rapidement échoué. Les projets commerciaux helvétiques en cours se comptent sur les doigts d'une main.

Le rôle crucial des bactéries

«L'engouement a été trop fort. On a oublié qu'il s'agissait d'une technologie encore en développement», dit Ranka Junge. La chercheuse en écotechnologies et systèmes énergétiques à l'Université des sciences appliquées de Zurich (ZHAW) étudie l'aquaponie depuis des années, notamment dans une installation à Wädenswil (ZH), et voit plusieurs explications au rôle marginal encore joué par cette technologie au niveau économique.

Autant les aspects techniques de ces systèmes cycliques que la compréhension des processus écologiques en jeu s'avèrent bien plus compliqués qu'imaginé. Ainsi, en plus des poissons et des plantes, une multitude de micro-organismes sont indispensables au déroulement du cycle. Les poissons produisent de l'ammonium qui contient de l'azote, un élément nutritif important pour les plantes, Mais lorsque l'environnement est trop acide (pH élevé), une partie se transforme en ammoniac, un composé toxique pour les poissons et mal assimilable par les plantes. Des bactéries sont nécessaires pour le transformer en nitrites, puis en nitrates, que les plantes absorbent alors directement. De nombreux autres processus métaboliques sont assurés par les microbes.

Ce cycle de l'azote fait l'objet d'un projet de recherche mené par l'équipe de Ranka Junge. La métagénomique détermine quels micro-organismes participent au métabolisme, à quelles étapes et dans quelles parties de l'installation. La chercheuse se dit convaincue que répondre à ces questions permettra à l'avenir de gérer ces processus de manière plus précise et rentable.

Exploitations trop petites

Un deuxième obstacle à la commercialisation de l'aquaponie en Suisse est plus profane, poursuit Ranka Junge: «Elle ne peut mettre en valeur ses avantages, car il y a déjà profusion d'engrais, les sols sont bien adaptés à l'agriculture et rarement pollués par les métaux lourds. Il n'y a donc aucune pression pour cultiver les légumes hors-sol. Et le fait que cette technique permette d'épargner l'eau? Dans le château d'eau de l'Europe, cet aspect est négligeable d'un point de vue économique.

«Les installations construites jusqu'à présent étaient tout simplement trop petites.»

Werner Kloas

«Une installation de taille suffisante permettrait de gagner sa vie, mais pas de s'enrichir.» Les salades, les concombres et les tomates n'appartiennent pas au segment de prix supérieur du marché, et il en va de même pour le tilapia, le poisson qu'on y élève le plus couramment.

L'analyse est partagée par Werner Kloas, de l'Institut Leibniz d'écologie des eaux et de pêche continentale, à Berlin: «Toutes les installations construites jusqu'à présent étaient tout simplement trop petites.» Avec ses 1600 mètres carrés de surface, l'installation développée par Urban Farmers à La Haye était considérée comme la plus grande ferme sur toit d'Europe. Werner Kloas estime cependant qu'une installation ne devient rentable qu'à partir d'au moins 10 000 mètres carrés.

Même avis du côté des exploitants. Le directeur du grossiste en fruits et légumes Ecco-Jäger à Bad Ragaz (SG), Philipp Gschwend, a lancé en 2015 la plus grande ferme d'aquaponie sur un toit de Suisse. L'aquaculture pour les poissons comestibles occupe une surface de 200 mètres carrés, la culture des herbes se fait dans une serre cinq fois plus grande. «Chez nous, l'installation couvre les frais, dit Philipp Gschwend, mais uniquement grâce à des conditions idéales. Les débouchés, la logistique, les véhicules

Un système circulaire

L'aquaponie se base sur deux techniques: l'aquaculture, qui élève des organismes aquatiques dans un bassin, et l'hydroponie, qui fait pousser des plantes sur un substrat artificiel – une technique efficace mais qui nécessite des engrais. Un système aquaponique les combine pour former un système circulaire fermé dans lequel les engrais sont fournis par les déjections des organismes aquatiques.

frigorifiques et les entrepôts étaient déjà là. Mais si quelqu'un devait construire entièrement l'installation et l'exploiter de manière indépendante, il ne couvrirait probablement pas les coûts.

Le système a une autre faiblesse. Pour Werner Kloas, le cycle fermé simple est voué à l'échec économique parce que les conditions optimales de nutrition et de pH pour les poissons et les plantes sont trop différentes. Il n'est pas possible d'assurer les meilleures conditions possibles pour les uns et pour les autres, ce qui constitue un handicap concurrentiel pour la culture hors-sol où les nutriments doivent être mesurés au microgramme près.

Werner Kloas mise donc pour ses recherches sur des systèmes découplés, où le cycle des poissons et celui des légumes se déroulent en parallèle. L'eau des poissons, riche en nutriments, est dirigée vers les plantes à travers une valve unidirectionnelle. Afin d'optimiser leur culture, les plantes reçoivent des nutriments complémentaires. «Une telle installation s'avère encore extrêmement durable, dit le chercheur. Nous utilisons jusqu'à 75% d'engrais en moins et la productivité est aussi bonne que dans les cultures de plantes et les élevages de poissons séparés et optimisés.»

Ranka Junge ne veut pas renoncer si rapidement aux systèmes fermés: «S'il n'y a plus de cycle, on ne peut plus parler d'aquaponie, mais d'un système de «fertigation» (fertilisation et irrigation simultanée, ndlr).» Elle reste convaincue de la nécessité de poursuivre les recherches, également parce que de nombreuses questions dépassent le problème des poissons et des salades. La valorisation, le recyclage et l'économie circulaire constituent des thèmes d'avenir qui vont bien au-delà de l'aquaponie.

Simon Koechlin est journaliste scientifique et rédacteur en chef du magazine Tierwelt.

Dépression: à la recherche de la thérapie adéquate

Un algorithme voulait identifier les facteurs individuels indiquant quelle thérapie choisir pour traiter la dépression. Et finit par confirmer les résultats d'études précédentes.

Par Sascha Karberg

La dépression - la plus répandue des maladies mentales - a des origines très variées, mais ses traitements ont un caractère presque universel. Il se basent en général sur des antidépresseurs, une thérapie comportementale ou une combinaison des deux.

La médecine personnalisée part de l'idée que le succès ou l'échec d'une thérapie dépendent de caractéristiques particulières à chaque individu. Dans le cas de la dépression, il s'agit de l'état de santé général, du mode de vie, des prédispositions génétiques, de la situation familiale et des crises relationnelles. Une équipe de l'Université de Zurich a développé une nouvelle méthode statistique afin d'identifier les caractéristiques pertinentes sous l'angle thérapeutique. Elle doit permettre de trouver les facteurs qui influencent l'efficacité d'une thérapie dans une masse confuse de données.

Données réanalysées

«Notre méthode cherche à découvrir par ses propres moyens de tels modificateurs d'effet», explique Simon Foster, collaborateur scientifique au sein du groupe. Dans les procédures statistiques traditionnelles, il faut avoir une idée des facteurs qui pourraient influencer la réussite de la thérapie. Or, d'une certaine manière, ils doivent être sélectionnés à la main. La nouvelle méthode recherche elle-même ces facteurs d'influence à l'aide d'algorithmes utilisant une technique d'apprentissage automatique dénommée «forêts d'arbres décisionnels». Le programme identifie ainsi des facteurs inédits ainsi que des combinaisons de facteurs.

L'algorithme a exploré les données réunies dans le cadre d'une enquête menée sur plus de 300 adolescents dépressifs, qui avait déjà montré en 2007 que la combinaison de l'antidépresseur fluoxétine et d'une thérapie cognitive et comportementale



Les causes de la dépression sont diverses, les traitements le sont moins. Dessin d'un patient du Centre psychiatrique de Breitenau à Schaffhouse.

leur était davantage bénéfique qu'un seul des deux traitements. Serait-il possible que certains s'en sortent mieux avec une simple thérapie comportementale - par exemple parce que leur corps ne supporte pas la fluoxétine?

Apparemment non, selon les nouveaux résultats obtenus. Les arbres aléatoires ont bien mis en évidence certaines fluctuations: l'âge, le revenu familial, l'existence d'autres maladies ou encore la durée des épisodes dépressifs ont plus ou moins d'influence sur l'efficacité de la thérapie. Toutefois, c'est la combinaison des deux traitements qui a apporté la plus grande aide à l'ensemble des patients. «Ce n'est pas vraiment le résultat qu'on pouvait espérer du point de vue de la médecine personnalisée», reconnaît Simon Foster.

«Il s'agit d'une étude passionnante et très novatrice, lance Katharina Schultebrucks, de l'Université de New-York, qui emploie des méthodes analogues. L'apprentissage automatique représente un grand potentiel pour la médecine personnalisée.» Il nécessite toutefois une nouvelle forme de planification des études. Jusqu'à présent, on comparait des groupes les plus similaires possibles - à l'exception d'un

facteur, le fait de suivre ou non une thérapie. Avec l'apprentissage automatique, c'est le contraire: on obtient de meilleurs résultats avec de nombreuses données aussi hétérogènes que la réalité clinique, explique la chercheuse.

L'apprentissage automatique offre une grande chance de découvrir de nouvelles corrélations entre les facteurs qui influencent la dépression, pointe Katharina Schultebrucks, qui dit s'attendre à des très grands progrès. Cette étude représente une importante contribution en ce sens, mais les données disponibles aujourd'hui sont «encore bien trop maigres». Les institutions devraient collaborer et les promoteurs de la recherche s'engager sur de nouvelles voies si l'on veut pouvoir réaliser les coûteuses études prospectives réunissant un nombre suffisant de patients. On disposerait alors des bases de données nécessaires pour qu'une médecine plus personnalisée puisse devenir réalité.

Sascha Karberg est journaliste à la rubrique sciences du Tagesspiegel à Berlin.

Wikimedia Commons/Hjalmar Gislason



Un couple d'Albatros des Galapagos, un exemple de fidélité dans le monde animal.

Animaux: la monogamie est l'exception

Chez les éléphants de mer, les mâles s'accouplent avec toute une cohorte de femelles. Au contraire, les couples d'albatros restent fidèles et s'occupent ensemble de leur couvée pendant toute une année. Aux yeux de la biologie de l'évolution, les animaux font face à un dilemme: ils peuvent investir leur énergie dans la recherche de partenaires supplémentaires pour obtenir une progéniture plus nombreuse ou s'occuper davantage de leurs petits afin d'augmenter leurs chances de survie.

La quête de partenaires multiples est bien plus probable que le système monogame, établit une nouvelle étude. Elle a analysé ce dilemme à l'aide d'un modèle mathématique fermé qui permet de reconstituer l'évolution concomitante du comportement reproducteur et des soins aux petits, explique Arne Jungwirth, actuellement en poste à l'Université de Cambridge grâce à une bourse du FNS.

Il en ressort que la monogamie est un comportement exceptionnel, qui ne se rencontre en principe qu'en cas de faible densité de population ou lorsqu'une énergie particulièrement grande est nécessaire pour poursuivre des partenariats multiples. Ainsi, chez les oiseaux, les chances de reproduction d'une femelle diminuent si elle est reléguée à une moins bonne place de nidification sur le territoire du mâle parce qu'une autre occupe déjà la meilleure. «Notre modèle permet pour la première fois de suivre non seulement la rencontre d'un couple isolé, mais de prendre en considération l'ensemble de la population qui l'environne», précise Arne Jungwirth. *Ori Schipper*

A. Jungwirth and R.A. Johnstone (2019): Multiple Evolutionary Routes to Monogamy: Modeling the Coevolution of Mating Decisions and Parental Investment. *The American Naturalist* (2018)

La forme du cerveau est corrélée avec l'intelligence fluide

Chaque personne possède un cerveau particulier avec des régions de tailles différentes. Ces spécificités peuvent se transmettre de manière héréditaire, montre une étude menée à l'école de médecine du Mont Sinai, à New-York, à laquelle a contribué le psychologue suisse Dominik Moser grâce à une bourse du FNS.

Les neuroscientifiques ont pris des images par résonance magnétique (IRM) des cerveaux de plus de 1700 participants en bonne santé et mesuré l'épaisseur de la matière grise de 64 régions cérébrales différentes. Ils ont ensuite calculé un indice de similarité qui synthétise pour une personne le rapport des formes de différentes régions et le compare avec celui des autres participants. L'indice prend ainsi une valeur élevée lorsque la forme est proche de la moyenne de la population et une valeur faible lorsqu'elle est très différente.

Les divergences entre individus pourraient à l'avenir améliorer le diagnostic de certains problèmes, selon Dominik Moser. L'indice est corrélé par exemple à l'intelligence fluide - les capacités d'apprentissage, de résolution de problèmes ou encore de reconnaissance de motifs -, qui est indépendante des connaissances acquises. Les personnes à l'intelligence fluide moyenne ont apparemment une structure cérébrale proche de celle du reste de la population, au contraire des gens manifestant une intelligence fluide grande ou faible.

Etonnamment, l'étude suggère que l'indice de similarité est d'autant plus bas que l'indice de masse corporelle (qui mesure la corpulence) est grand, du moins chez les hommes. Selon Dominik Moser, on ignore si ces derniers ont un cerveau moins conforme parce qu'ils sont en surpoids ou s'ils le sont en raison de leur cerveau particulier - «la question typique de l'œuf ou de la poule». Si l'indice semble fiable en tant que mesure, son utilité pratique reste à démontrer. *Martin Angler*

G. E. Doucet et al.: Person-Based Brain Morphometric Similarity is Heritable and Correlates With Biological Features. *Cerebral Cortex* (2018)

shutterstock/lesada Sabai



Les cerveaux ne sont pas tous pareils, mais certains se ressemblent davantage.



Wikimedia Commons/Dr Graham Beards

Des virus s'attachent à la paroi d'une bactérie - et la détruisent.

Identifier le bon virus pour combattre les infections

La phagothérapie veut utiliser des virus appelés phages pour tuer des bactéries. Une alternative prometteuse aux antibiotiques, dont l'effectivité continue de diminuer face aux bactéries résistantes.

Les phages sont très spécifiques et doivent être sélectionnés pour atteindre leur cible. Pour l'instant, cette étape se fait à l'aide de fastidieux tests menés en laboratoire. Afin d'accélérer ce triage, des scientifiques ont développé des modèles informatiques capables de prédire rapidement et à moindre coût les interactions phages-bactéries, basés sur l'analyse de leurs génomes. L'étude a été réalisée par l'Institut suisse de bioinformatique (ISB), la Haute école d'ingénierie et de gestion du canton de Vaud, l'Université de Lausanne et l'Hôpital universitaire de Berne.

Ces modèles prédictifs se basent sur les techniques d'apprentissage automatique supervisées, une approche statistique qui permet à un algorithme d'apprendre à partir de données. «Nous avons collecté des informations sur plus de mille interactions entre phages et bactéries, connues avec leurs génomes complets», indique Carlos Peña de l'ISB, qui a mené l'étude. Les scientifiques ont ensuite extrait de ces génomes des indicateurs donnant les caractéristiques propres des phages et des bactéries, comme la structure de certaines protéines et si elles se lient entre elles. Ces données ont ensuite été utilisées pour l'entraînement d'un algorithme, qui arrive à pronostiquer correctement environ 90% des interactions. «Bien sûr, les prédictions doivent toujours être testées en laboratoire, note le chercheur. Mais on pourra le faire de manière bien plus ciblée, ce qui permet un gain de temps considérable.» *Nathalie Jollien*

D. M. C. Leite et al.: Computational prediction of inter-species relationships through omics data analysis and machine learning. *BMC Bioinformatics* (2018)

Sur les traces de la mort blanche

Son lieu de travail, ce sont les pentes enneigées autour de Davos. Le physicien Bastian Bergfeld veut comprendre ce qui se passe lors des avalanches afin de pouvoir les prévenir.

«Ce «woum», tous les skieurs de randonnée le craignent. Ce bruit peut être fort ou faible, long ou très court. Peu importe, il est synonyme de danger. Il indique qu'une couche fragile s'est rompue sous la plaque de neige où vous vous trouvez. En terrain pentu, une avalanche de plaques pourrait se déclencher.

L'un des points forts de mes recherches à l'Institut pour l'étude de la neige et des avalanches de Davos (SLF) est de comprendre ce «woum»: quand et pourquoi il survient. Quelque 90% des accidents d'avalanches sont provoqués par les amateurs de sports d'hiver. Notre objectif est d'améliorer sans cesse nos prévisions. Nous étudions pour cela comment la rupture se propage dans la couche fragile et à quelle vitesse. Cela peut être fulgurant: la fissure se diffuse parfois à plus de 100 km/h.

Un ou deux jours par semaine, je me rends au Schatzalp, au-dessus de Davos, avec le premier funiculaire. Je suis de toute façon un lève-tôt. Nous sommes équipés comme des skieurs de randonnée, mais, en plus des équipements de sécurité standards tels que les détecteurs de victimes d'avalanche, les pelles et les sondes, l'institut nous fournit des sacs à dos airbag. Après tout, nous nous rendons là où il y a des avalanches. De la station supérieure, nous montons à skis en direction du col de la Strela jusqu'au Steintälli. Nous y trouvons de bonnes conditions pour nos recherches. Nous ne nous aventurons évidemment pas dans les pentes raides, mais cherchons des endroits où nous pouvons déclencher un «woum» sans nous mettre nous-mêmes en danger. Donc en terrain plat.

Les avalanches peuvent être dévastatrices. Il s'agit heureusement d'événements relativement rares, mais cela les rend difficile à étudier. En outre, de très nombreux facteurs peuvent jouer un rôle, comme la composition du manteau neigeux, le vent, la température ou le terrain. Notre travail demande donc beaucoup de patience.

Pour mesurer la vitesse de propagation d'une rupture, nous avons développé huit capteurs d'accélération, de la taille d'une

main. Nous marchons sur une ligne et les lançons devant nous, toujours à une distance de plusieurs mètres. Ils sont pourvus d'un long ruban pour qu'on puisse ensuite les retrouver. Si nous provoquons une rupture, ces capteurs nous permettent de calculer la vitesse à laquelle elle s'est propagée.

Vivre sa passion au travail

Je crois que de nombreux randonneurs ont l'impression trompeuse d'être en sécurité. Ils ont peut-être été plusieurs fois à deux doigts de déclencher une avalanche sans s'en être rendu compte. On le réalise trop tard, parce qu'on ne voit pas ce qui se passe sous la plaque de neige.

Je suis moi-même un skieur de randonnée passionné. Je crois que mes recherches m'ont rendu plus prudent lors de mes sorties. Je sais maintenant que nous ignorons tant de choses. Même un profil de neige détaillé et un test de stabilité ne rendent compte que des conditions locales. Nous en avons fait l'expérience l'an dernier lors d'une excursion de l'institut. Nous avions réalisé un profil de neige et la couverture neigeuse paraissait très stable. Nous avons poursuivi notre chemin dans une vallée, sur quelques centaines de mètres, et avons soudain entendu un fort «woum». Nous avons tous été stupéfait. Par chance, nous nous trouvions sur un versant en pente douce. De fait, le risque n'apparaît qu'à partir d'une pente de 30 degrés.

J'ai eu beaucoup de chance de pouvoir concilier ma passion et mes recherches. J'espère pouvoir rester aussi longtemps que possible à Davos car je m'y plais. Je suis frappé de constater combien il est important d'observer soi-même chaque jour le temps qu'il fait. J'ai ainsi une bien meilleure notion de la couche de neige: je me dis par exemple «ah, avant-hier il y avait ce fort vent» en étudiant un profil. Mon épouse s'enthousiasme elle aussi pour les tours à skis. Mais il arrive parfois qu'elle se réjouisse d'une excursion prévue pour le week-end - alors que moi, je préférerais ce jour-là rester sur le canapé.»

Propos recueillis par Alexandra Bröhm.



Il chasse ses skis de randonnée une à deux fois par semaine pour ses recherches: Bastian Bergfeld (en veste rouge) lance un capteur d'accélération devant lui afin de mesurer la vitesse de propagation des ruptures (image du haut) ou réalise des profils de neige pour en déterminer la stabilité (en bas).

Image du haut: Alec van Herwijnen, SLF, image du bas: Stephanie Mayer, SLF



De Munich aux Grisons

Bastian Bergfeld a étudié la physique à l'Université Ludwig-Maximilian de Munich et a découvert la recherche sur les avalanches lors de son travail de master réalisé à l'Institut pour l'étude de la neige et des avalanches (SLF), à Davos. Il y mène actuellement son doctorat sur la formation et la prévention des avalanches.

Le paradoxe des énergies renouvelables

L'essor du solaire et de l'éolien a fait baisser les prix de l'électricité sur le marché européen. Cela profite aux centrales à charbon, qui constituent l'une des sources d'énergie les moins propres.

Par Hubert Filser

En principe, la transition vers davantage d'énergies renouvelables devrait pouvoir s'accélérer en Europe. L'électricité la plus avantageuse provient d'installations photovoltaïques et éoliennes, dont les frais de fonctionnement sont inférieurs à ceux des centrales conventionnelles. Exemple: l'Allemagne a couvert en 2018 plus de 40% de ses besoins électriques grâce aux énergies renouvelables, selon l'Institut Fraunhofer pour les systèmes énergétiques solaires de Fribourg-en-Brisgau.

Mais la situation n'est pas aussi simple, car hélas car le vent ou le soleil ne sont pas toujours présents pour répondre aux besoins du marché. Dans les phases où ces ressources font défaut, il faut pouvoir compter sur des centrales flexibles capables de produire à la demande le courant manquant. Cette charge résiduelle doit être disponible rapidement pour ne pas mettre en danger la stabilité du réseau. Hormis le nucléaire, les seules technologies respectueuses du climat en mesure de le faire sont les centrales hydrauliques et le pompage-turbinage. Mais elles peinent à se développer, et l'on recourt encore aux centrales conventionnelles à gaz ou à charbon. Dans de nombreux pays, c'est justement le charbon, très polluant, qui prend le relais.

«Nous vivons une phase de transition entre un ancien monde réglementé et un nouveau dominé par l'économie de marché.»

Hannes Weigt

Le problème vient de la structure économique du marché de l'électricité. «Nous vivons actuellement une phase de transition entre un ancien monde réglementé et un nouveau dominé par l'économie de marché», explique l'économiste Hannes Weigt, de l'Université de Bâle, qui étudie ces questions dans le cadre du Programme national de recherche «Virage énergétique» (PNR 70). Dans un système fortement régulé, les gouvernements pourraient compter à l'avenir sur davantage de centrales

flexibles propres. Pour l'instant, les producteurs d'énergie hésitent à investir au vu de la faible rentabilité des installations existantes. Les propriétaires de centrales hydrauliques et de pompage-turbinage helvétiques s'en sont ouvertement plaints il y a quelques années.

La bourse évince le gaz

C'est là où se trouve le paradoxe: cette situation inconfortable a été provoquée en partie par les énergies renouvelables. Pour la comprendre, il faut examiner de plus près le marché de l'électricité, qui rappelle celui des actions. A court terme, les courbes de l'offre et de la demande déterminent le prix du courant valable sur toutes les bourses de l'électricité. Il dépend de celui de la centrale dont on a besoin à un moment précis pour couvrir le dernier reste de la demande. Lorsque l'offre de courant éolien et solaire bon marché augmente, les centrales conventionnelles les plus chères se voient progressivement écartées du marché. D'abord les centrales à mazout, puis celles au gaz. Ne reste alors que le charbon.

Car le prix du charbon (et celui des certificats d'émissions de CO₂) a baissé ces dernières années. Le courant ainsi produit est meilleur marché que celui des turbines à gaz, qui sont pourtant plus efficaces. Même des installations modernes à haut rendement telles que les centrales à gaz Irsching 4 et 5 dans le sud de l'Allemagne ne servent plus que de réserve froide - elles sont pour ainsi dire arrêtées. En Suisse, les centrales hydrauliques sont passées pendant quelques années sous le seuil de rentabilité. La faute en revient essentiellement au développement de l'énergie éolienne dans le nord de l'Europe.

«C'est une situation paradoxale», dit Philippe Jacquod, professeur à l'Institut de recherche en systèmes industriels de la haute école spécialisée HES-SO Valais. La baisse des prix de l'électricité dissuade actuellement les investissements dans les énergies renouvelables et dans les nouvelles lignes à haute tension ainsi que le stockage de réserves nécessaires à la stabilité du réseau. Le physicien développe avec son collaborateur Laurent Pagnier un nouveau modèle physico-économique du marché européen de l'électricité visant à intégrer davantage

les technologies respectueuses de l'environnement. La Suisse y joue un rôle important, notamment comme pays de transit du courant sur l'axe Nord-Sud.

Le modèle est un réseau constitué d'autoroutes de l'électricité reliant des nœuds; chaque pays en possède un ou deux, suivant sa grandeur, qui comprennent des informations telles que la consommation de courant ou les capacités de production du pays, actualisées chaque heure. Ces données proviennent du Réseau européen des gestionnaires de réseau de transport d'électricité.

Ces travaux établissent un lien entre l'évolution des capacités de production et celle du prix sur les bourses de l'électricité. Ils montrent que les recettes des producteurs de courant dépendent fortement de la mise à disposition de la charge résiduelle, qui vient fréquemment des centrales à charbon. Paradoxe supplémentaire: celles-ci souffrent également des bas prix. Elles doivent parfois produire à court terme du courant au-dessous du prix de revient, ce qu'on appelle une situation de «must-run». La raison? Il serait économiquement moins avantageux d'arrêter





Les coûts environnementaux du charbon devraient être reportés sur son prix pour éviter qu'il ne bénéficie de l'éolien bon marché.

Photo: Keystone/imageBROKER/Hans Blosssey

temporairement la production que de simplement la laisser continuer. «Il faut réduire au plus vite les capacités «must-run», souligne Philippe Jacquod.

«Le charbon est trop bon marché, poursuit le physicien. Il faudrait prélever une taxe d'au moins 40 à 50 euros par tonne de CO₂». Pour lui, c'est la seule solution pour surmonter le paradoxe du tournant énergétique. Il ne s'agirait pas de prélever un impôt pour le principe, mais de reporter sur le prix du charbon son impact sur l'environnement. Le prix du courant n'augmenterait que d'un ou deux centimes d'euro par kilowattheure, selon le chercheur.

L'exemple scandinave

Pour Hannes Weigt, des interventions sur le marché peuvent être appropriées durant la phase transitoire. La rentabilité à long terme est un facteur très important pour les producteurs d'énergie. Elle est liée au prix moyen de l'électricité ainsi qu'à l'offre de la concurrence. Elle dépend donc du mix énergétique global d'un pays mais également de décisions politiques, tels que les impôts et les modèles d'encouragement.

Des études suggèrent que le mieux serait d'appliquer dès que possible les prix «réels» des différentes sources d'énergie. «Si l'on comptait les coûts effectifs du charbon et du gaz, les énergies renouvelables seraient probablement déjà concurrentielles, et ceci sans soutien de l'Etat», note Hannes Weigt.

«Il faudrait prélever une taxe d'au moins 40 à 50 euros par tonne de CO₂.»

Philippe Jacquod

L'économiste développe également des modèles pour le mix énergétique helvétique. La Stratégie énergétique 2050 de la Suisse comprend une augmentation considérable du photovoltaïque. Avec des importations de courant, elle devra progressivement remplacer à partir de 2035 l'électricité produite par les cinq réacteurs nucléaires du pays. Cela entraînera un changement fondamental: il ne s'agira plus de coordonner ces grandes centrales mais des milliers

de petites installations photovoltaïques dispersées sur des immeubles privés. Les systèmes de pompage-turbinage et de nouveaux dispositifs de stockage devront assurer la stabilité du réseau. «A long terme, la force hydraulique et les énergies renouvelables devraient devenir des partenaires naturels», ajoute Philippe Jacquod.

La Norvège et le Danemark montrent qu'une volonté ferme de se lancer dans une transition énergétique rapide ne profite pas seulement à l'environnement: le prix de l'électricité n'y a pratiquement pas augmenté. La part de l'éolien s'élève déjà à plus de 40% au Danemark alors que la stabilité est assurée par du courant venant du pompage-turbinage originaire de lacs de montagne de Norvège. Ceux-ci pourraient à l'avenir offrir une réserve importante de stockage en Europe.

Le journaliste scientifique Hubert Filser habite à Munich.

Et la boue n'arrête pas de jaillir

Qu'est-ce qui a provoqué l'éruption du plus grand volcan de boue de la planète à Java en Indonésie? Une équipe internationale a résolu cette énigme.

Par Frederik Jötten

Depuis treize ans, de la boue continue inexorablement de sortir du sous-sol de Sidoarjo, une ville de l'île indonésienne de Java. Treize personnes ont péri, 60 000 autres ont dû quitter leur logis. Personne ne sait quand le flux s'arrêtera. Les experts ont longtemps débattu de l'origine de cette éruption de boue, la plus importante du monde. Mais l'énigme a enfin été résolue par un consortium international de scientifiques, dont font partie Stephen Miller, de l'Université de Neuchâtel et Matteo Lupi, à Genève.

Deux suspects: un forage et un séisme

Deux événements ont été reliés au phénomène. Le 27 mai 2006, un tremblement de terre de 6,3 degrés sur l'échelle de Richter se produit près de Yogyakarta, à 250 kilomètres de Sidoarjo, faisant plus de 5000 morts. Un jour plus tard, un forage pétrolier tourne mal à Sidoarjo. Un liquide inconnu afflue dans le puits, à 2800 mètres de profondeur. La tête de forage ne peut être récupérée et le trou est obturé. Des fissures apparaissent dans un rayon de plusieurs centaines de mètres autour du forage et de la boue commence à émerger en cinq endroits. Peu après, elle jaillit du sol tels des geysers et des colonnes de fumée s'élèvent à plusieurs centaines de mètres de haut. Pour de nombreux habitants de la région et certains scientifiques, l'éruption - dénommée «Lusi» - semble résulter de l'incident de forage.

«Nous assistons à la naissance d'un système hydrothermal associé à un volcan. Une telle chance ne se présente qu'une seule fois en des millions d'années.»

Stephen Miller

Mais rien ne permet d'affirmer que c'est le cas, affirme Stephen Miller: «Il s'agit d'un événement tectonique. Il est impossible de provoquer cela avec un forage d'un diamètre de 30 centimètres.» De plus, la boue contient des fossiles issus de couches rocheuses situées 1000 mètres plus bas que



Ayant forcé 60 000 personnes à quitter leur maison, un lac de boue recouvre une partie de la ville indonésienne de Sidoarjo. Photo: Getty Images/Mangiwau

la profondeur maximale atteinte par le forage. Si le forage avait percé une couche sous haute pression, la boue aurait dû jaillir par son puits, poursuit le professeur de géothermie et géodynamique. Au contraire, les premières éruptions se sont produites à 700 mètres du trou de forage - et aucune boue n'en est sortie».

Le consortium international a en revanche réuni de nombreux éléments qui démontrent que l'éruption de boue a été déclenchée par le séisme de Yogyakarta. Stephen Miller et Matteo Lupi ont montré à l'aide de simulations informatiques que les couches terrestres ont pu absorber les ondes sismiques, les renforcer et les renvoyer dans la couche d'où la boue est aujourd'hui propulsée - agissant ainsi tel un miroir parabolique.

Une marmite à vapeur

Des drones ont été envoyés dans les panaches de fumée pour y analyser les gaz. Ils y ont trouvé principalement du dioxyde de carbone et des hydrocarbures fraîchement constitués qui ne se forment qu'à des températures supérieures à 400 degrés Celsius. «On ne rencontre pas de telles températures dans le sol de cette région, souligne Stephen Miller. Cela indique la présence d'une source de chaleur à l'intérieur de Lusi». Le scénario le plus probable? Le sous-sol renfermait depuis des années de l'eau sous haute pression à quelque 1500 mètres de profondeur. Du magma chaud présent

dans cette région volcanique très active s'en est approché. «La chaleur a libéré des gaz de la roche et a provoqué l'évaporation d'eau supplémentaire dans des couches de boue situées plus haut. Cela a entraîné une hausse continue de la pression. Lorsque le séisme est survenu, il a arraché la couche de roche dure qui faisait office de bouchon». Depuis, ce mélange d'eau, de boue liquéfiée et de roches est projeté vers le haut sans entrave.

Prédire la fin de l'éruption de boue est impossible. Mais la science peut apprendre beaucoup de ce phénomène unique. «Nous assistons ici à la naissance d'un système hydrothermal associé à un volcan et à son évolution, explique Stephen Miller. Une telle chance ne se présente qu'une seule fois en des millions d'années. C'est comme pouvoir observer la tectonique en temps réel». Et d'étudier un processus encore très mal compris: les effets d'un tremblement de terre sur de grandes distances.

Les habitants de la région se sont accommodés à Lusi: des digues de dix mètres de haut retiennent la boue. Chaque jour, une colonne de camions en emporte une partie afin d'éviter que le bassin ne déborde. Mais les populations ne pourront jamais regagner leurs habitations qui sont maintenant enfouies sous 200 mètres de boue.

Frederik Jötten est journaliste à Francfort.

Andrea Digiatis



Exemple de construction numérique et robotisée: le toit du Arch-Tec-Lab à l'ETH Zurich.

La construction 3.0 n'est pas forcément durable

Un bon tiers de l'énergie et des ressources consommées sur la planète est liée au secteur du bâtiment. Des technologies numériques telles que modèles informatiques, imprimantes 3D et utilisation de robots veulent le rendre plus durable. Mais cette voie ne sera vraiment écologique que si les constructions ne doivent pas être renouvelées pendant plusieurs décennies, indique une étude du Pôle de recherche national «Fabrication numérique».

Dans cette approche, des algorithmes élaborent des plans complexes afin de construire des bâtiments stables avec le moins de matériel possible, et des imprimantes 3D produisent des éléments de construction multifonctionnels qui combinent les qualités spécifiques de différents matériaux. «On économise ainsi les ressources, ce qui soulage autant l'environnement que le porte-monnaie», pointe Guillaume Habert, professeur de construction durable à l'ETH Zurich. Toutefois, le recyclage des éléments multifonctionnels n'est pas vraiment écologique. Pour quelle raison? La séparation de leurs composants consomme beaucoup d'énergie, tout comme leur récupération.

Son équipe a réalisé des bilans écologiques pour évaluer la durabilité de la construction numérique. Ils incluent tous les processus impliqués dans le cycle de vie d'un produit, de l'extraction des matières premières à sa fabrication et de son utilisation au recyclage de l'ensemble de ses composants. Les résultats montrent que la performance environnementale des éléments de construction multifonctionnels dépend surtout de leur durée d'utilisation. Un projet de construction numérique doit donc d'abord garantir qu'une éventuelle rénovation ou transformation pourrait être effectuée de manière flexible et sans grand problème. «C'est uniquement dans ce cas que les nouvelles technologies en valent la peine du point de vue de la durabilité». *Stephanie Schnydrig*

I. Agustí-Juan et al.: Environmental assessment of multi-functional building elements constructed with digital fabrication techniques. The International Journal of Life Cycle Assessment (2018).

Comment tester l'intelligence artificielle

Des chercheurs de l'ETH Zurich ont présenté un nouveau système pour tester les réseaux neuronaux. Ces algorithmes utilisés en intelligence artificielle assument des tâches de plus en plus délicates comme pour analyser des images médicales ou contrôler un robot. Problème: on ne peut pas forcément toujours se fier à leurs décisions. Par exemple, des modifications minimales des images suffisent à tromper les dispositifs de reconnaissance visuelle.

Il est malheureusement impossible de tester toutes les variations possibles d'une image pour en étudier les effets sur un algorithme. La stratégie du système Deepoly, développé par Martin Vechev, de l'ETH Zurich, consiste à éprouver la stabilité des réseaux neuronaux face à ces petites anomalies. Il est exécuté à un niveau abstrait en établissant un modèle mathématique simplifié du comportement du réseau, des approximations linéaires. Deepoly s'avère très efficace et peut également être ajusté pour tester des réseaux comprenant un nombre particulièrement élevé de nœuds, explique l'informaticien. Une nécessité, vu que la structure des réseaux neuronaux devient toujours plus complexe.

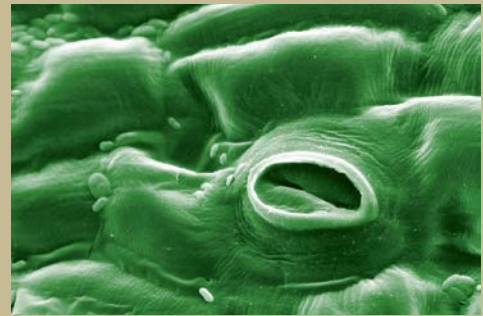
Son équipe veut désormais affiner les procédures et tester la réaction des algorithmes devant des distorsions plus importantes et plus compliquées. De premiers résultats ont déjà été obtenus. Elle travaille en outre à un concept de programmation fondamentalement nouveau: l'idée consiste à structurer les réseaux de neurones dès le début, de manière à pouvoir les tester facilement par la suite. *Sven Titz*

G. Singh et al.: An Abstract Domain for Certifying Neural Networks. Proceedings of the ACM on Programming Languages (2019)

Postauto



Ses algorithmes le guident correctement: un véhicule autonome de la Poste est testé à Sion.



Wikimedia Commons

Grâce à ses pores, la plante respire et réagit aux changements d'humidité.

Des plantes bioniques pour signaler la sécheresse

Les nanotechnologies pourraient s'avérer utiles pour détecter l'arrivée d'une sécheresse, indique un article rédigé par Volodymyr Koman, un chercheur du MIT à Boston soutenu par le Fonds national suisse. Il a développé un capteur qui utilise des réactions physiologiques de la plante pour déceler l'approche de conditions sèches.

Le dispositif observe l'ouverture et la fermeture des stomates, de petits orifices présents à la surface des feuilles qui permettent l'évaporation de l'eau. Ces pores s'ouvrent au soleil et se ferment avec l'obscurité. Afin de conserver l'eau de la plante, l'ouverture se fait plus lentement et la fermeture plus rapidement lorsque le sol est sec.

Les scientifiques ont réussi à imprimer sur une feuille une bande d'encre organique d'une largeur 10 micromètres composée de nanotubes de carbone qui ne recouvre qu'une seule pore. Le courant électrique envoyé à travers cette bande s'interrompt lorsque le stomate s'ouvre et coupe le circuit. Des capteurs imprimés sur des douzaines de feuilles de différents spathiphylls de Wallis ont été raccordés à un multimètre. Résultat après une semaine: les conditions sèches triplent le temps pris par les stomates pour s'ouvrir.

Pour Volodymyr Koman, cette surveillance en temps réel n'endommage pas les plantes et constitue une «différence impressionnante» en comparaison des précédentes méthodes pour surveiller la sécheresse. Les scientifiques travaillent avec un producteur d'huile de palme pour contrôler la santé des arbres.

Michael McAlpine de l'Université du Minnesota salue une «approche prometteuse». Au vu du temps nécessaire pour mettre en place chaque capteur, il relève néanmoins qu'il faudra examiner dans quelle mesure il sera possible d'étendre cette technique à plusieurs espèces sur de vastes superficies. *Edwin Cartledge*

V.B. Koman et al.: Persistent drought monitoring using a microfluidic-printed electro-mechanical sensor of stomata. Lab on Chip (2018).



Associations sportives: les pros débarquent

Les quelque 19 000 clubs sportifs et 86 fédérations de Suisse font de moins en moins appel aux bénévoles. Des sociologues du sport ont pour la première fois examiné les conséquences de cette professionnalisation.

Par Astrid Tomczak-Plewka



Deux millions de personnes pratiquent en Suisse un sport au sein d'un club - un bon quart des 5 à 74 ans. Ces chiffres se sont stabilisés depuis le milieu des années 1990. En parallèle, on note une professionnalisation de ces structures. La proportion du travail rémunéré est passée de 10 à 20% entre 1996 et 2010 avant de se stabiliser autour de 16% depuis deux ans, indique la dernière étude sur les clubs sportifs publiée par l'Observatoire sport et activité physique suisse, un institut mandaté par l'Office fédéral du sport.

Une équipe des universités de Lausanne et de Berne s'est penchée pour la première fois sur la question de la professionnalisation des fédérations sportives nationales et internationales installées en Suisse. Cette recherche empirique a été conduite à partir d'études de cas portant sur dix fédérations nationales et huit fédérations internationales, ainsi que sur des données de base concernant presque toutes les fédérations sportives helvétiques. L'étude indique que la majeure partie des fédérations sont gérées à la fois par des bénévoles et des employés rémunérés, tant au niveau sportif qu'administratif. Dans les petites associations tournées vers la performance, les professionnels se rencontrent surtout dans le domaine sportif, en particulier comme entraîneurs. Ils se retrouvent plutôt dans le secteur administratif dans les fédérations de taille moyenne, moins axées sur les résultats.

Vision d'avenir

Un cinquième des fédérations étudiées sont gérées par des personnes dont c'est l'activité principale, alors qu'un peu plus d'un tiers le sont uniquement par des bénévoles. Ces derniers assurent aujourd'hui encore plus de 80% des tâches dans les associations sportives. Ils se retrouvent également à la présidence de presque toutes les fédérations. «Bénévolat et professionnalisme ne s'excluent pas, souligne l'un des auteurs de l'étude, Siegfried Nagel de l'Université de Berne. Des bénévoles peuvent aussi travailler de manière très professionnelle». Mais le personnel rémunéré se préoccupe davantage de l'avenir et des membres et travaille de manière stratégique.

Pourquoi assiste-t-on à professionnalisation des fédérations sportives, qui sont, par tradition, des organisations de bénévoles? «Pour les organes nationaux, la pression croissante de la concurrence

internationale et la commercialisation du sport d'élite constituent des facteurs déterminants, répond Siegfried Nagel. Des ressources financières supplémentaires sont nécessaires pour soutenir les athlètes de pointe et assurer la relève de manière optimale. Elles viennent toujours plus souvent des sponsors.» La faitière Swiss Olympic joue également un rôle important parce qu'elle attend que les fédérations formulent des stratégies et emploient des professionnels pour assurer une promotion ciblée.

«Bénévolat et professionnalisme ne s'excluent pas.»

Siegfried Nagel

La professionnalisation ne touche cependant pas seulement le sport de compétition et d'élite mais elle encourage également le sport de masse, note Siegfried Nagel. Elle amène un meilleur soutien aux clubs membres des fédérations, principalement à travers de nouvelles prestations numériques, comme des plateformes pour la gestion des membres ou pour l'organisation de compétitions. Les fédérations jouent également un rôle important dans la formation - à nouveau pas uniquement dans le domaine sportif. Mais le phénomène suscite d'autres questions concernant la conduite du personnel: qui mène les entretiens d'évaluation et développe une culture du feedback appropriée?

En regard des scandales de corruption dans les grandes fédérations professionnelles, telles que la FIFA ou plus récemment l'Union internationale de biathlon, on peut se demander si les personnes qui s'adonnent simplement au sport dans un club apprécient la professionnalisation des petites fédérations. «Cette évolution débouche sur une systématisation des décisions qui deviennent ainsi juridiquement vérifiables, ce qui finalement prévient la corruption», estime Ansgar Thiel, spécialiste du sport à l'Université de Tübingen en Allemagne. Siegfried Nagel souligne l'importance d'une bonne répartition des tâches entre professionnels et bénévoles: «Il faut définir clairement à qui revient la responsabilité des différentes tâches stratégiques ou opérationnelles, sous peine de voir éclater des conflits.»

Malgré ses progrès, la professionnalisation n'est pas un phénomène récent, relève l'historien du sport Christian Koller, de l'Université de Zurich: «Dans le milieu sportif, la commercialisation et la professionnalisation ont toujours avancé main dans la main». Entre la fin du 19e et celle du 20e siècle, la professionnalisation a d'abord touché les athlètes et les entraîneurs pour s'étendre ensuite aux fonctionnaires. D'un côté, la commercialisation a libéré l'argent

qui a permis la professionnalisation et, de l'autre, les athlètes et les fonctionnaires sportifs ont activement poussé à la commercialisation.

Un regard sur l'histoire du sport montre cependant que la majorité des tâches relevaient encore du bénévolat dans la phase pionnière des fédérations internationales. «Le Comité international olympique était alors dominé par des aristocrates qui pouvaient se permettre un tel engagement et financer eux-mêmes les voyages pour participer aux congrès internationaux», explique Christian Koller. De nombreuses fédérations employaient toutefois déjà des secrétaires rémunérés au début du 20e siècle. Ensuite, l'importance politique croissante du sport, en particulier durant la Guerre froide, a entraîné le développement d'administrations étatiques en la matière.

Le symbole Sepp Blatter

Une nouvelle étape vers la professionnalisation a commencé dans les années 1970 et 1980, à nouveau en lien avec la commercialisation. Et finalement, la libéralisation des télécommunications des années 1980 et 1990 a entraîné un saut quantique. Sepp Blatter en est le symbole. «Avec son élection à la présidence de la FIFA en 1998, la Fédération internationale de football plaçait pour la première fois à sa tête une personnalité issue de l'appareil professionnel de l'association et qui avait participé activement à la commercialisation par des partenariats avec différentes multinationales», rappelle Christian Koller.

Reste la question de l'évolution prochaine des fédérations sportives. «En Allemagne et en Suisse, les clubs et les associations tablent sur le travail bénévole et cela devrait rester ainsi. Mais, plus les tâches se différencient plus des structures professionnelles deviennent nécessaires. Il y aura donc toujours des formes hybrides», prédit Ansgar Thiel.

Cela pose une nouvelle question, en particulier au niveau des clubs. Qui sera encore prêt à effectuer un travail bénévole aux côtés de personnes qui, dans le même club, touchent une rémunération? Une activité dans le comité peut se justifier pour des juristes ou des politiciens qui trouvent là des opportunités pour lier des contacts professionnels ou politiques. Mais les bénéficiaires doivent être à la mesure de la charge que cela représente. «Un dirigeant bénévole n'a en général pas assez de temps pour assumer le volume de travail qu'exige la direction d'un grand club ou d'une grande fédération», dit Ansgar Thiel. «La professionnalisation y est donc une question de survie.»

Astrid Tomczak-Plewka est journaliste libre à Berne.

La Suisse, véritable capitale du sport professionnel: la Maison du sport international à Lausanne héberge 16 fédérations sportives mondiales, du baseball au tir à l'arc.

Photo: Valérie Chételat

Comment les migrantes ont émancipé la Suisse

Une recherche historique montre que l'immigration a été en Suisse un moteur de l'égalité entre les sexes, notamment par l'essor des crèches et par la lutte pour le suffrage féminin.

Par Julia Richter

Dans les années septante, une femme quitte l'Italie du Nord pour la Suisse. Elle dit avoir eu alors l'impression de faire un retour dans le passé: le suffrage féminin avait été introduit en Italie en 1945 et l'égalité entre les sexes inscrite dans la Constitution en 1948. Les Suissesses, elles, devaient encore avoir l'autorisation de leur mari pour travailler.

Sa fille, Francesca Falk, est historienne à l'Université de Fribourg. Elle dit avoir été sensibilisée dès le berceau à cette thématique: l'influence de la migration sur l'égalité entre les sexes en Suisse. Ses recherches viennent de paraître dans le livre «Gender Innovation and Migration in Switzerland».

Regarder au-delà des frontières

La haute conjoncture qui régnait en Suisse après la Seconde Guerre mondiale a attiré de nombreux travailleurs étrangers, notamment italiens. En terres helvétiques, il allait de soi que les femmes restent à la maison et s'occupent des enfants. Dans certaines régions d'Italie, il était au contraire normal que les femmes travaillent, notamment pour des raisons économiques. «Concilier travail et famille était à cette époque un problème auquel étaient confrontées les familles suisses défavorisées ainsi que les migrants», note Francesca Falk.

Le phénomène s'est par exemple manifesté en ville de Berne. Dans les crèches, le nombre des enfants issus de l'immigration a augmenté de plus de 60% au milieu des années soixante, en dépit de la priorité accordée aux Suisses lors de l'attribution des places. L'immigration a également nécessité davantage de places d'accueil dans le Valais, canton rural. L'essor de ces infrastructures a rendu l'accueil extrafamilial des enfants de plus en plus habituel, également pour les classes moyennes helvétiques.

Les femmes venues de l'étranger ou s'étant déplacées à l'intérieur du pays ont fait partie des pionnières de la lutte pour le suffrage féminin. Pour l'icône féministe Iris von Roten, son installation en Valais rural ainsi que son séjour aux Etats-Unis

auront été déterminants. Et c'est de l'étranger que vinrent les premières étudiantes et enseignantes, à l'instar de la Russe Anna Tumarkin, qui fut la première femme à être nommée professeure à l'Université de Berne, en 1909.

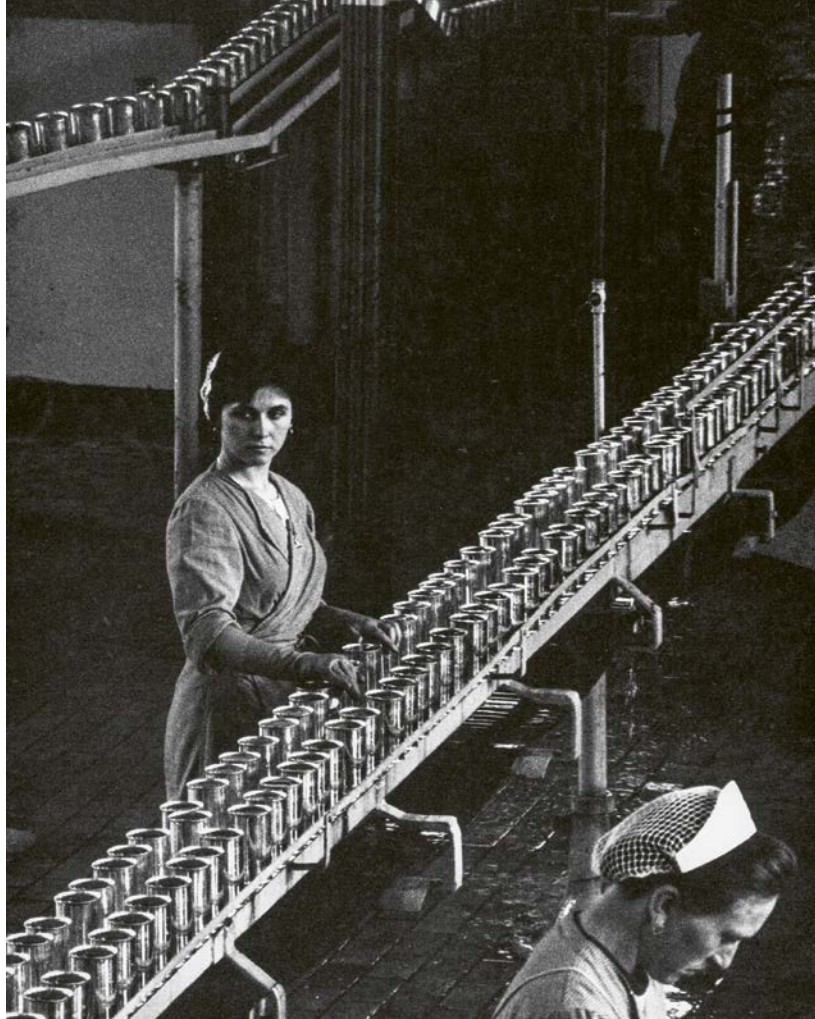
«Concilier travail et famille était un problème auquel étaient confrontées les familles suisses défavorisées ainsi que les migrants.»

Francesca Falk

La migration peut encourager l'innovation sociale, confirme Regina Wecker, l'une des figures importantes de l'histoire du genre en Suisse: «Un regard au-delà des frontières et la migration élargissent la palette des solutions personnelles.» Elle souligne cependant que l'action de certaines Suissesses, qui donnèrent des impulsions et poursuivirent le mouvement, fut nécessaire pour l'ancrage de cette évolution.

Objectifs pas encore atteints

L'expert en sciences culturelles Walter Leimgruber, de l'Université de Bâle, voit également un potentiel dans la migration.



En 1962, une Suissesse devait avoir l'autorisation de son mari pour pouvoir travailler, comme ici, dans une fabrique de conserves. Photo: Keystone/Fotostiftung Schweiz/Hans Baumgartner

«Se confronter à d'autres manières de penser et de vivre permet de réfléchir à sa propre situation sociale et de la relativiser», note-t-il. Pour lui, un gros retard doit toutefois encore être rattrapé en Suisse, notamment en ce qui concerne les coûts de l'accueil extrafamilial des enfants. Cela implique de nouvelles remises en question des rôles traditionnels. «Les débats actuels sur la migration montrent que nous exigeons avec raison que les migrants, ceux de confession musulmane par exemple, respectent l'égalité entre les sexes, mais que cet objectif n'a pas été atteint chez nous dans de nombreux domaines.»

Ne comprendre la migration que comme une histoire à succès à l'origine d'innovations sociales serait toutefois réducteur, estime Francesca Falk: «La migration n'est en elle-même ni bonne ni mauvaise.» Les conditions cadres de l'immigration sont en revanche importantes. Et elles sont parfois influencées par la manière dont la migration actuelle et passée est considérée du point de vue scientifique.

Julia Richter est journaliste libre et collaboratrice scientifique chez Public Health.

F. Falk: Gender Innovation and Migration in Switzerland. Palgrave Studies in Migration History (2019)

Une enquête linguistique décortique le paradoxe du neutre féminin

Certains dialectes germaniques désignent les femmes par le genre neutre, «das», au lieu du féminin, «die». Cet usage relève davantage d'un ton affectueux que d'un mépris patriarcal, avance une linguiste.

Par Susanne Wenger

Tout d'abord, une petite leçon de grammaire. L'allemand connaît trois genres: le féminin («die» en allemand, «d» en dialecte), le masculin («der»/«dr») et le neutre («das»/«ds»). Dans de nombreuses régions de Suisse, d'Allemagne et du Luxembourg, ce n'est toutefois pas le genre féminin qui est utilisé pour désigner les femmes, mais le neutre: au lieu de «d Anna» («die Anna»), on dit «ds Anna» («das Anna»). Une curiosité qui a éveillé l'intérêt de Helen Christen, professeure de linguistique germanique à l'Université de Fribourg. Car le genre grammatical est généralement associé au genre naturel.

Dans une langue, rien n'est dû au hasard, pointe la chercheuse. L'attribution du genre a une signification - reste à comprendre laquelle. L'utilisation du neutre dévalorise-t-elle les femmes et les rabaisse-t-elle, comme on le soupçonne particulièrement en Suisse? Helen Christen et son équipe se sont pour la première fois sérieusement penchées sur le phénomène, en collaboration avec des linguistes en Allemagne et au Luxembourg. Les scientifiques ont mené des interviews, analysé d'anciens chants populaires et examiné des avis mortuaires. Une image contrastée ressort des résultats obtenus pour la Suisse allemande.

Affectueux ou dépréciatif

L'usage du neutre pour les prénoms féminins est particulièrement répandu dans les cantons de Berne, Soleure, Bâle-Campagne, Glaris ainsi qu'en Suisse centrale. Il est né au sein des familles et des communautés villageoises. Entre proches et parents, on utilise souvent des diminutifs, ce qui favorise le genre neutre: «d Verena» devient ainsi «ds Vreni». Avec le temps, le neutre a aussi été employé pour des prénoms féminins sans diminutif: «ds Judith». Ces dénominations ont un aspect affectueux. «Elles peuvent exprimer la proximité et l'intimité», relève la chercheuse. A l'inverse, une certaine distance est créée lorsqu'une personne, pour désigner sa sœur ou une camarade d'école, utilise à nouveau le prénom complet et non le diminutif. Les relations semblent alors s'être refroidies.

La situation est tout autre lorsqu'il s'agit d'une personne plus distante: désigner publiquement une conseillère fédérale à l'aide du neutre donne connotation dépréciative. «Dans un contexte approprié, le genre neutre passe inaperçu ou possède un aspect

positif. Dans un environnement inadapté, c'est le contraire», note la linguiste. Elle a identifié d'autres formules, par exemple des prénoms féminins assortis d'un article masculin: «dr Fridu» pour une Frieda un peu garçonne. Ou, dans le district de la Singine (FR), des prénoms masculins avec un genre féminin: «d Hänsa» pour Hans.

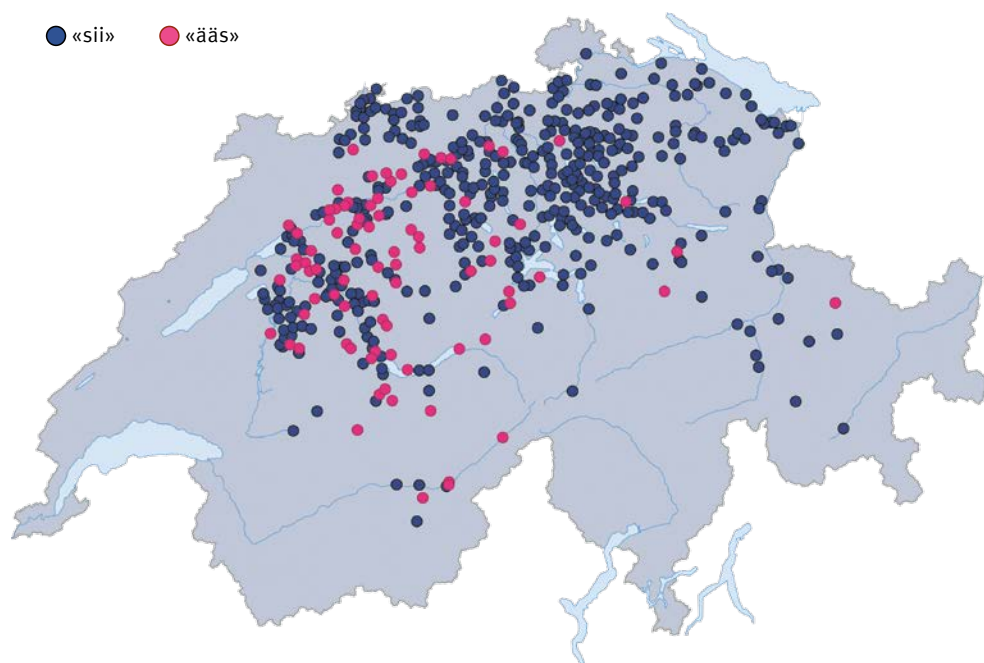
Le masculin n'est pas neutre

Une seule combinaison semble très rare: celle du masculin et du neutre. Même lorsqu'un diminutif est donné à un prénom masculin dans un cadre familial, l'article et les pronoms restent masculins: «Fredi» n'est pas suivi du pronom «ääs» («es») mais de «äär» («er»). Des exceptions en Valais («ds Hansrüedi») et dans l'Oberland bernois confirment la règle. Le neutre pour un prénom entier, non raccourci, est exclusivement réservé aux femmes: «ds Thomas» n'existe pas. «Les prénoms masculins semblent être immunisés contre l'emploi du neutre», note Helen Christen. Le neutre est manifestement plus en phase avec l'image de la féminité. Un signe qui montre, selon la chercheuse, que son

utilisation dialectale est aussi à mettre en relation avec une représentation patriarcale des sexes: le féminin comme le plus petit, le plus faible, et le domaine du privé et sa composante familiale comme domaine propre aux femmes.

Cette ambivalence a aussi frappé l'auteur alémanique Pedro Lenz qui écrit en dialecte. Le Bernois déclare avoir toujours évité cette forme neutre: «Les femmes adultes ne doivent pas être interpellées comme des enfants!» Lors d'une séance de signatures, une lectrice âgée lui a toutefois un jour demandé d'utiliser le neutre pour sa dédicace, en faisant valoir qu'il ne s'agissait pas d'une forme neutre, mais d'une marque d'affection. «Depuis lors, je suis plus ouvert concernant cette thématique», confie l'écrivain. Il s'est inspiré de cette expérience pour une nouvelle. L'allemand ne connaît pas trois genres grammaticaux, mais quatre, dit-il désormais avec la liberté du romancier: le masculin, le féminin, le neutre et l'affectueux.

Susanne Wenger est journaliste libre à Berne.



Répartition des gens qui disent «sii» («sie», pronom féminin) ou «ääs» («es», pronom neutre) dans une phrase se référant à «s Mami» («la maman»).

Image: 2. stock süd, Source: regionalsprache.de



Un chef choisi au hasard a une qualité, celle de bien écouter mieux son team.

Leadership: le hasard fait bien les choses

Votre chef a toujours le dernier mot? Alors soumettez-lui les résultats d'une nouvelle étude. Elle montre qu'il y a des avantages à choisir des dirigeants de façon aléatoire. «Ces derniers écoutent mieux», explique Berno Büchel, responsable de la chaire de microéconomie de l'Université de Fribourg.

Une expérience en laboratoire a d'abord posé à 176 participants huit questions liées à une problématique différente. Les sujets devaient par exemple estimer quelle portion de la surface du globe était recouverte d'eau, tout en indiquant leur degré de certitude. Berno Büchel a ainsi pu établir qui s'y connaissait ou croyait bien s'y connaître. Les sujets ont été ensuite divisés en groupes de quatre et des leaders sélectionnés. Certains ont été retenus parce qu'ils avaient confiance en eux et que leur incertitude était faible, d'autres parce qu'ils étaient réellement compétents et que leurs réponses étaient particulièrement bonnes. D'autres enfin ont été désignés au hasard.

Dans un second temps, Berno Büchel a posé huit questions sur les mêmes thématiques à tous les groupes et ceci à six reprises. Le chef avait toujours accès aux réponses des membres du groupe et pouvait ainsi adapter ses appréciations à chaque fois. L'équipe n'avait en revanche qu'un droit de regard sur les réponses du leader. Le chercheur a ainsi pu voir à quel point les participants étaient influencés par d'autres.

Le constat est étonnant. Les résultats des équipes dotées de leaders sûrs d'eux ont été globalement plus mauvais. «Ces leaders ont trop d'influence sur l'expertise du groupe. Les chefs choisis au hasard sont moins surestimés par l'équipe et ils sont eux-mêmes plus attentifs à l'opinion des autres. C'est là une compétence importante en matière de leadership», relève Berno Büchel. Les équipes menées par des chefs nommés au hasard s'en sont aussi bien tirées que celles menées par des leaders compétents. *Johannes Giesler*

B. Buechel et al.: The Strength of Weak Leaders – An Experiment on Social Influence and Social Learning in Teams (submitted)

Comment réduire la consommation de viande

Le réchauffement climatique se poursuit et l'une de ses causes est la consommation excessive de viande. Selon les données des Nations Unies, l'industrie du bétail est responsable de près de 15% des émissions de CO₂ dans le monde. A l'aide d'un sondage représentatif, une équipe de la Haute école de Lucerne a étudié les facteurs qui influencent notre consommation de viande ainsi que les moyens de la réduire.

Dans une première étape, les chercheurs ont déterminé la consommation actuelle de viande de 1818 habitants de la ville de Lucerne. Ils ont défini quatre groupes cibles sur la base de leurs habitudes de consommation, en se fondant sur des déclarations comme «je n'ai encore jamais pensé à réduire ma consommation» ou «réduire ma consommation de viande ou y renoncer est une évidence pour moi».

Dans une deuxième étape, ils ont identifié les facteurs psycho-sociaux pouvant influencer le comportement des divers groupes. Selon Christian Weibel, responsable de l'étude, ce qu'on appelle le contrôle du comportement perçu de manière subjective joue un grand rôle. «L'étendue du choix de menus végétariens dans ma cantine peut influencer mon comportement de façon déterminante», explique-t-il. Plus l'offre est grande et plus on pense pouvoir adapter son comportement. Un autre facteur important est la prise de conscience de cette problématique. Contrairement aux économies d'énergie, le lien entre consommation de viande et changement climatique est encore peu évoqué dans le débat public. «Un gros effort pour combler ce retard est nécessaire», note Christian Weibel. Une aide pourrait être apportée grâce à des personnes connues qui interviendraient dans le débat public. L'étude est censée apporter un soutien à la Confédération, aux autorités et aux ONG pour mieux définir leurs groupes cibles et pouvoir appliquer des mesures appropriées susceptibles de contribuer à la baisse de la consommation de viande. *Samanta Siegfried*

C. Weibel et al.: Reducing individual meat consumption: An integrated phase model approach (2019)



Pour réduire la consommation de viande, il suffit d'augmenter l'offre de plats qui n'en ont pas.



Partager les photos de ses enfants? Oui, lorsqu'on les voit de loin et de dos.

Réseaux sociaux: les parents sont conscients des risques

Montrer des photos de ses enfants sur Internet? Seules les mauvais parents le font. Du moins, c'est ce que relaie le discours médiatique dominant au sujet du «sharenting», à savoir le partage de photos de famille sur les réseaux sociaux, indique Ulla Autenrieth, chercheuse en science des médias à l'Université de Bâle. Elle voulait savoir si les nombreux parents qui postent des images de leur progéniture sur Facebook agissent vraiment de façon irréflective. Ses travaux l'ont convaincue du contraire.

Dans son étude, elle a interrogé 52 parents de jeunes enfants et analysé des photos partagées sur Facebook. Les résultats indiquent que les parents sont conscients des risques: une image pourrait tomber dans les mains d'un pédophile, être utilisée à des fins publicitaires, ou encore faire tache dans l'empreinte numérique de sa progéniture. C'est pourquoi de nombreux parents rendent leurs enfants aussi méconnaissables que possible, en les photographiant de dos ou de très loin. Ulla Autenrieth nomme cette pratique «anti-sharenting»: «Il s'agit d'un développement intéressant dans l'histoire de la photo. A l'ère du numérique, il s'agit non pas de tout montrer, mais de camoufler. C'est un changement de paradigme.»

La chercheuse a découvert que les parents sont loin de partager les photos de leurs enfants sur les réseaux sociaux de façon irréflective. «Ils sont fortement influencés par le discours médiatique et expriment leurs craintes à ce sujet, même lorsque leurs enfants ne sont pas reconnaissables.» Ulla Autenrieth plaide en faveur d'un discours différencié sur ce thème: les parents ne devraient pas être systématiquement condamnés dès qu'ils publient des photos de famille. *Eva Mell*

U. Autenrieth: Family photography in a networked age: Anti-sharenting as a reaction to risk assessment and behaviour adaption. Nordicom (2018)

Un cerveau dans une puce

Une start-up s'est inspirée des neurones pour créer de nouvelles puces informatiques à très faible consommation d'énergie. Des capteurs pourraient en profiter.

Texte: Florian Fisch
Infographie: ikonaut

1. L'efficacité du biologique

Au vu de ses performances, le cerveau consomme très peu d'énergie. La raison: un mode de fonctionnement décentralisé dans lequel des réseaux neuronaux stockent et traitent l'information en même temps.

2. Copier le cerveau

Aictx, une start-up de l'ETH Zurich, reproduit cette architecture sur des puces informatiques. Au contraire des ordinateurs standards, ces puces ne se basent pas sur la logique numérique (des zéros et des uns) et ne suivent pas un rythme défini. En imitant le fonctionnement des neurones du cerveau, elles travaillent de manière analogique et ne transmettent les signaux que lorsqu'il faut traiter de nouvelles informations. Cela permet même à des appareils simples de résoudre des tâches compliquées avec une consommation énergétique réduite.

3. Applications autonomes

Reliée à un capteur et à une mini batterie, une puce pourrait fonctionner de manière autonome pour une longue période, par exemple pour:

- surveiller le rythme cardiaque et donner l'alarme en cas de problème avec le cœur;
- déceler si un usager regarde son smartphone et allumer l'appareil ou reconnaître le visage pour le débloquer.

Discipliner le savoir numérique

Par Antonio Loprieno

Nous simulons afin d'exposer quelque chose de manière plus claire que nous ne pourrions le faire de façon analogique. Nous simulons aussi afin de masquer ce que nous préférierions laisser méconnu. La simulation est aussi bien une représentation imagée des processus scientifiques qu'une déformation des faits réels. Dans une précédente colonne d'Horizons, j'avais déjà attiré l'attention sur ce paradoxe du



Andri Pol

virage numérique pour notre culture scientifique: la diversité sémantique de la notion de simulation.

Le virage numérique a transformé notre accès aux connaissances sous un triple aspect. Notre savoir est devenu davantage imagé, social et disponible. Le savoir transmis par le biais d'images nous est plus proche émotionnellement que celui expliqué par des mots. Le savoir numérique est aussi plus social que les formes traditionnelles de connaissances, car il est contrôlé et piloté par une communauté en ligne, comme celle des auteurs de Wikipédia. Il est enfin plus disponible que son

pendant analogique car nous pouvons assimiler et gérer de grosses quantités de données en un minimum de temps.

Mais est-ce vraiment le savoir dans son entier qui devient plus imagé, social et disponible - ou seulement quelques fragments? Ces morceaux doivent non seulement être transmis mais avant tout regroupés s'ils veulent se consolider en de nouvelles connaissances. Sans connexion contextuelle, ils perdent leur autorité potentielle et peuvent être plus facilement manipulés. Le savoir numérique est rapidement accessible, mais uniquement sous une forme indisciplinée.

C'est pourquoi nous parlons aussi de «disciplines» lorsque nous nous référons à différentes spécialités scientifiques: derrière leurs divers fragments de savoir se cache une logique qui organise, un algorithme analogique qui nous permet de différencier de manière rigoureuse une information plausible de celle qui ne l'est pas. Derrière le savoir discipliné, il y a toujours la croyance en sa plausibilité, ce qui le différencie des découvertes fortuites indisciplinées, des théories du complot ou des chiffres bruts.

Comment fait-on la distinction entre savoir discipliné et fragments de savoir indisciplinés? En utilisant la raison critique qui se démarque de l'esprit non critique par l'examen du contexte des diverses unités de savoir. Notre travail de recherche et d'enseignement ou celui que nous accomplissons dans la politique de la science s'attache principalement aux questions de plausibilité. C'est de manière analogique que nous devons rendre l'abondant savoir numérique crédible, en l'appriivoisant, en le disciplinant, et en l'amenant dans des canaux transparents. Une tâche difficile mais passionnante.

Antonio Loprieno est président des Académies suisses des sciences.

Courrier des lecteurs

Les sciences des religions posent des questions importantes

Que se passera-t-il en Suisse si la part des athées, des agnostiques et des non-religieux en général continue à augmenter aussi fortement? Le chercheur en science des religions Stefan Huber craint de grandes tensions avec raison (Horizons 119, p. 40). J'aimerais néanmoins remettre en question l'une de ses affirmations selon laquelle les fonctions psychiques et sociales de la religion sont remplaçables et que les non-religieux vivent comme les religieux. Je souhaiterais voir une fois une confrontation entre non-religieux et chrétiens convaincus et fidèles à la Bible en ce qui concerne le taux de divorce, la générosité, l'aide au prochain, la gestion des coups du destin, les comportements addictifs, les valeurs morales, les questions existentielles, l'espoir d'une vie éternelle. J'estime qu'il y a là des différences énormes qui influencent positivement ou négativement les individus ainsi que la société. Selon quels modèles les personnes non croyantes peuvent-elles s'orienter? D'où tirent-elles leurs principes et leur échelle de valeurs? Des questions importantes pour l'avenir de notre pays.

Andreas Bolliger, *pédagogue*

Les catégorisations ne servent à rien

Je ne crois pas que les déclarations de Daniele Zullino contribuent à apporter une réponse à la question de savoir si «les neurosciences sont utiles à la pratique psychiatrique» (Horizons 119, p. 8). Les patients atteints de maladies psychiques se moquent totalement de savoir si l'étude du cerveau appartient à la «discipline biologie» ou à la «discipline psychologie». Je partage l'opinion claire et convaincante de Philippe Conus qui estime qu'il ne faut pas «tourner le dos à des progrès dont les patients ont grandement besoin» et les sacrifier au nom de catégorisations totalement inutiles.

Ernst Schlumpf, *expert indépendant en sciences culturelles*



Votre avis nous intéresse!

Vous souhaitez réagir à un article? Envoyez-nous un courrier à l'adresse redaction@revue-horizons.ch ou postez un commentaire sur Facebook.

Le Prix Latsis à une immunologiste

Severin Nowacki



Andrea Ablasser, médecin et professeure à l'EPFL, a reçu le Prix Latsis national 2018. Cette récompense destinée aux chercheurs de moins de 40 ans est décernée chaque année par le FNS sur mandat de la Fondation Latsis. Les recherches d'Andrea Ablasser portent en particulier sur la voie de signalisation cGAS/STING qui active des cellules immunitaires pour lutter contre les virus, ainsi que les mécanismes en jeu lorsque l'activation survient par erreur. Elle a identifié une molécule à même de bloquer ce signal et qui pourrait être utilisée pour soigner différentes maladies.

Un regard extérieur bienvenu

Le nouveau comité consultatif international du FNS, constitué de cinq personnalités renommées d'Angleterre, des Pays-Bas, de Suède et de Suisse, a commencé son travail. «Nous souhaitons ainsi renforcer le regard extérieur sur notre institution, indique Matthias Egger, président du Conseil national de la recherche. Le comité nous donne des idées et des recommandations pour le développement à long terme du rôle du FNS et de sa stratégie.»

La mesure de la santé

samw



La santé personnalisée utilise la masse croissante de données biomédicales disponibles. Mais qu'en pense vraiment la population? C'est la question que posent les Académies suisses

des sciences avec le projet «L'humain sur mesure», qui comprend notamment des manifestations publiques et un sondage en ligne.

Vers un nouveau code de conduite

Les Académies suisses des sciences ont constitué un nouveau groupe d'experts dans le domaine de l'intégrité scientifique afin de revoir le cadre nécessaire à une autorégulation de toutes les disciplines scientifiques. Il est chargé de formuler

un nouveau code de conduite en prenant notamment en compte des principes énoncés par l'ALLEA, la fédération européenne des académies. Le groupe est dirigé par Edwin Constable, de l'Université de Bâle, et comprend actuellement quatre membres représentant les Académies, Swiss-universities et le FNS.

Préserver le sol comme ressource

Le Programme national de recherche «Utilisation durable de la ressource sol» (PNR 68) a présenté ses recommandations. Pour assurer la qualité à long terme des sols, la Suisse devra développer des instruments d'aménagement du territoire, encourager une agriculture et une sylviculture adaptées aux conditions locales, établir une cartographie des sols couvrant l'ensemble du territoire et mener une politique du sol plus cohérente et engagée.

Le WEF invite le Fonds national suisse

World Economic Forum/Boris Baldinger



Pour la première fois, le FNS a participé à la réunion annuelle du WEF à Davos. Il y a organisé une session sur la cybersécurité et y a invité trois scientifiques: Carmela Troncoso, de l'EPFL, ainsi que Myriam Dunn Cavelti et Srdjan Capkun, de l'ETH Zurich. Angelika Kalt, directrice du FNS, a également participé au WEF et mené des discussions avec le Conseiller fédéral Guy Parmelin ainsi que Martina Hirayama, nouvelle secrétaire d'Etat pour la formation, la recherche et l'innovation.

Regard critique sur les collections scientifiques

L'exposition «Fragile» du Naturama d'Aarau montre comment les animaux ont été chassés et les plantes cueillies de manière systématique à des fins scientifiques. Elle présente une autre perspective sur ce travail de collection, critique mais pas moralisatrice. Le Naturama a reçu le Prix Expo de l'Académie suisse des sciences naturelles pour cette mise en perspective.

Horizons

Le magazine suisse de la recherche paraît quatre fois par an en français et en allemand. Les articles sont disponibles en ligne en anglais. 31^e année, n° 120, mars 2019.

www.revue-horizons.ch en français
www.horizonte-magazin.ch auf Deutsch
www.horizons-mag.ch in English

www.facebook.com/horizonsmagazine
www.twitter.com/horizons_fr

redaction@revue-horizons.ch

Editeurs

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

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

Rédaction

Daniel Saraga (dsa), direction
Marcel Falk (mf), Florian Fisch (ff), Judith Hochstrasser (jho), Franca Siegfried (fs)

Graphisme, rédaction photos

2. stock süd netthoovel & gaberthüel,
Valérie Chételat

Traduction

Olivier Huether, Marie-Jeanne Krill

Correction

Joël Guillet

Impression, lithographie et gestion des abonnements

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

Tirage

38 500 exemplaires en allemand et
17 200 en français

© Tous droits réservés.

Reproduction possible des textes, publiés sous une licence Creative Commons BY-NC-ND.
ISSN 1663 2710

L'abonnement est gratuit.

www.revue-horizons.ch/abo

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

Le FNS

Sur mandat de la Confédération, le Fonds national suisse (FNS) encourage la recherche dans toutes les disciplines scientifiques. Il investit chaque année plus de 900 millions de francs dans des projets, dont 5800 sont en cours, ce qui représente la participation de 16 000 chercheuses et chercheurs. Le FNS constitue ainsi la principale institution de promotion de la recherche du pays.

Les Académies

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

**«Les biologistes vivent une sorte de
crise existentielle permanente.»**

Gisou van der Goot page 32

**«Une telle chance ne se présente qu'une
seule fois en des millions d'année.»**

Stephen Miller page 42

**«A l'ère du numérique, il s'agit
non pas de tout montrer,
mais de camoufler.»**

Ulla Autenrieth page 48



**«Si j'étais un bon dessinateur,
je pourrais exprimer d'innom-
brables expressions faciales
en quatre coups de crayon.»**

En 1938, le philosophe Ludwig
Wittgenstein décrit ce qui
deviendra réalité 59 ans plus
tard: l'emoji.