

Far West sous la Suisse

Les nouveaux conflits générés par
l'exploitation croissante du sous-sol

Mobbing
dans les universités
30

Les robots sur
le banc des accusés
40

Les secrets
du dégoût
42

Trésors cachés de
l'histoire naturelle
25

Légiférer avant d'exploiter

Après avoir conquis les terres, les mers et les airs, l'humanité lorgne vers l'espace - mais également vers les profondeurs. C'était autrefois or et pétrole qui attisaient les convoitises; ce sont aujourd'hui les nappes phréatiques, la géothermie, les fondations de grand bâtiments ou encore de nouvelles voies de transport qui le font. Cet usage multiple du sous-sol comme ressource pose de nouvelles questions: à qui appartient-il et quels usages sont prioritaires?

Jusqu'à présent, la Suisse n'a que très peu légiféré sur cette question. Mais les choses bougent: la révision en cours de la loi sur l'aménagement du territoire prévoit d'étendre son champ d'application au sous-sol. On peut s'en réjouir. Il faudra rapidement dépasser les frontières cantonales pour coordonner un nombre croissant de projets d'envergure nationale. La recherche a un rôle important à jouer en comblant les lacunes de nos connaissances sur le sous-sol helvétique. Un nouvel outil développé par Swisstopo permet de visualiser en trois dimensions les couches et failles géologiques du Plateau, et devrait s'avérer une précieuse aide à la planification.

Au final, ce sera au politique et à la société de débattre de l'usage que nous voulons faire des profondeurs: privilégier la géothermie ou les transports? La protection des aquifères ou du climat? Et commencer dès le début à se poser la question d'une gestion durable. Cela peut paraître paradoxal - après tout, quoi de plus stable que les roches situées en profondeur? - mais une pensée à moyen terme est importante. Car ce qu'on construit en profondeur reste figé pour longtemps. Après avoir surexploité pratiquement tout son environnement, l'humanité a une chance de faire différemment: exploiter son sous-sol de manière réfléchie et raisonnable.



Daniel Saraga, rédacteur en chef

horizons

Lisez-
nous
en ligne!
revue-
horizons.ch





10

Stress en sous-sol

Métro, conduites, géothermie: les usages des espaces souterrains s'intensifient. Comment gérer les nouveaux conflits?

12 **Un no man's land qui attise les convoitises**

La loi peine à déterminer à qui appartient le sous-sol, alors même que son exploitation se trouve en plein essor.

16 **La science souterraine**

Hydrologues et physiciennes, biologistes et archéologues: visite auprès de scientifiques actifs sous nos pieds.

19 **Le Plateau en 3D**

De nouveaux modèles ont rassemblé des dizaines de sources éparpillées pour mieux planifier les travaux souterrains.

22 **Voyage au centre de la Suisse**

De l'abri au carnotzet, l'auteur de science-fiction et géographe André Ourednik décortique les mythes helvétiques.

24 **Les mots du vin**

Pascale Deneulin a résumé en 3 minutes son doctorat en œnologie - et séduit le jury.

26 **60 millions d'objets pour la recherche**

Numériser les collections d'histoire naturelle est nécessaire pour les rendre plus accessibles.

29 **Une archéologue au Palais fédéral**

Comment Daniela Ruppen s'est frottée au travail parlementaire après son doctorat.

30 **Protéger les doctorants**

Trois stratégies pour réduire le mobbing dans les universités.

◀ Couverture: un nombre croissant d'acteurs et d'intérêts se pressent pour exploiter les ressources du sous-sol. Mais à qui appartiennent-elles vraiment? Image: 2. stock süd

◀ Couverture intérieure: extrait du cadastre souterrain de la place de la Sallaz à Lausanne. ■ Chauffage à distance ■ Transports publics, électricité, multimédia ■ Gestion du trafic ■ Télécommunications ■ Eau potable ■ Gaz ■ Assainissement ■ Galeries techniques. Image: 2. stock süd

32

Valérie Chételat



Biologie et médecine

32 **Le mathématicien de l'œil**
Botond Roska a créé une rétine artificielle pour comprendre la vision et la traiter.

34 **La génétique pour la biodiversité**
Des quantités minimales d'ADN accélèrent l'analyse des écosystèmes.

36 **Une carte contre la sécheresse**
Un modèle indique quelles cultures sont le plus en danger lors de manques d'eau.

37 **Pourquoi le café ne réveille pas toujours**
Des turbulences sanguines révélatrices
La peste, contagieuse il y a 3800 ans déjà

En image

6
L'art invisible des internés psychiatriques

Débat

8
La science doit-elle être internationale?

42

shutterstock/Martina_L.



Culture et société

38 **Le cancer au Burkina Faso**
Pendant un an, une ethnologue a observé un hôpital de l'intérieur à Ouagadougou.

40 **Lorsque la machine est coupable**
Faut-il punir un robot? Les juristes disent oui, la population non.

42 **Tomates pourries et maïs aux insectes**
Des scientifiques étudient comment surmonter le dégoût.

43 **Les bergers à l'âge de la pierre**
Comment encourager la critique constructive
Les seniors sous pression

Comment ça marche?

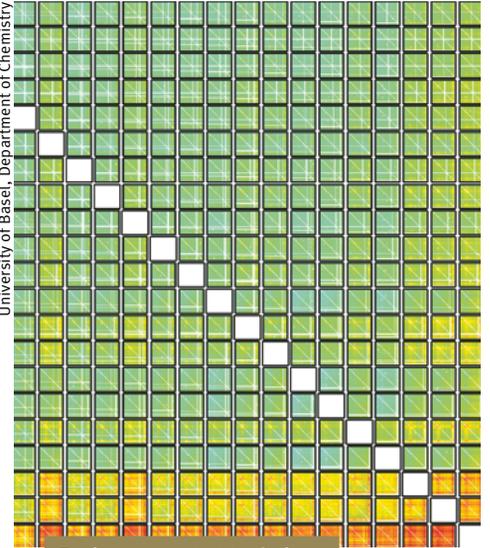
49
De la leucine pour muscler les aînés

Verbatim

50
Malédiction et bénédiction des simulations

44

University of Basel, Department of Chemistry



Environnement et technique

44 **Les 42 dimensions d'une molécule**
Des milliards de composés virtuels aident à découvrir de nouveaux médicaments.

46 **La première seconde de l'Univers**
Les astrophysiciens se rapprochent du Big Bang grâce aux ondes gravitationnelles.

48 **L'architecture contre les tsunamis**
Un polyester plus résistant
Observer l'intérieur d'une avalanche

En direct du FNS et des Académies

51
Cybersécurité, gros danger





L'art sort de l'asile

Créées par une Meret Oppenheim, ces mains auraient sans hésitation été considérées comme une œuvre d'art. Mais elles ont vu le jour dans l'hôpital psychiatrique de Krombach à Herisau (AR), l'une des 26 institutions cantonales du pays. Son auteur, une artiste qualifiée, y a été internée jusqu'à sa mort en 1970. Durant cette période, elle a réalisé plus de 4000 œuvres qui n'ont jamais été exposées hors des murs de l'institution.

Les créations d'innombrables autres patients ont connu le même destin. «Entre 1870 et 1930, les activités artistiques jouissaient d'une certaine estime dans les institutions psychiatriques, explique Katrin Luchsinger, historienne de l'art à la Haute école d'art de Zurich. Ce sont les psychiatres qui les jugeaient, et ils n'étaient pas toujours compétents pour cela.» La question de savoir s'il s'agissait ou non d'art ne se posait que rarement, et les œuvres finissaient vendues dans des bazars, déposées dans les greniers ou jetées à la poubelle. «Cela reflète la décision d'isoler dans des institutions les gens désignés comme <malades mentaux> et donc de les exclure du débat public.»

L'équipe de scientifiques a examiné 19 270 dossiers dans 22 cliniques et mis au point une banque d'images. Une prochaine exposition* montrera 180 œuvres réalisées par 54 patients dans 10 cliniques. «Nous souhaitons donner la parole à ces artistes», poursuit Katrin Luchsinger. Et lancer une discussion: non pas tant sur le fait qu'une œuvre devrait être qualifiée d'art ou non que sur une remise en question de notre conception usuelle du musée et de l'art. *Pascale Hofmeier*

*Expositions à venir à Heidelberg (D), Thoune et Linz (A)

www.kulturgueter.ch

Image: Gertrud Schwyzer (1886–1970), ohne Titel, Ärmel und schwarze Handschuhe, Wasserfarbe, Bleistift auf festes Papier, 21 × 31 cm, undatiert, Sammlung Herisau, o. Inv. Nr., © Kantonsbibliothek Appenzell AR, KB-018299/S 1



«Les expériences internationales contribuent au développement d'une identité scientifique propre.»

Les carrières scientifiques doivent-elles forcément être internationales?

Les séjours à l'étranger constituent un élément essentiel dans un CV de scientifique. Cette pression de l'internationalité est-elle vraiment bénéfique à une science novatrice?



Photos: Valérie Chételat

«Les scientifiques invités sont souvent mal intégrés aux équipes qui les reçoivent.»

Lorsque j'étudiais à l'université il y a une vingtaine d'années, trois lettres magiques résumait la nécessité pour les chercheuses et les chercheurs d'attester d'une expérience internationale: «ZAG», pour «Z'America gsi» («J'ai été en Amérique»). Avoir un «ZAG» dans son CV augmentait les chances de mener à bien une carrière académique. C'est toujours le cas aujourd'hui, même si de nombreuses autres destinations peuvent contribuer à votre réussite.

En effet, un bagage international est utile dans le monde universitaire. Les échanges avec une communauté scientifique différente permettent de découvrir d'autres paradigmes et rituels de l'autonomie académique ainsi que de nouvelles approches analytiques et méthodiques. Ces rencontres génèrent souvent une remise en question bénéfique de ses propres positions scientifiques. Un point décisif me paraît être de se retrouver plongé dans un dialogue différent entre la science et la société. S'y ajoutent encore des aspects culturels, linguistiques ou encore politiques que l'on connaît également lors de voyages touristiques; ils ne seront fertiles pour un

chercheur que s'ils entrent en résonance avec ses activités de recherche.

Toutes ces expériences élargissent la conscience de soi et contribuent à développer sa propre identité scientifique, qui s'affirme rarement dans un contexte exclusivement national.

Oui

dit Thomas Hildbrand, consultant en matière de formation.

Cette revendication d'internationalité est une condition fondamentale pour la science qu'il faut à la fois exiger et soutenir de manière ciblée. Les scientifiques ne peuvent toutefois pas assumer à eux seuls cet impératif. Les institutions doivent notamment définir de manière claire le genre d'expérience internationale nécessaire pour progresser dans une carrière scientifique. Et les académiciens ambitieux doivent être en mesure de planifier

des expériences qualifiées à l'international assez tôt dans leur parcours universitaire.

Thomas Hildbrand est le fondateur du Zentrum für Hochschulentwicklung à Zurich, qui offre des services de conseil sur les questions des hautes écoles. Il est l'auteur du rapport «Next Generation – une promotion efficace de la relève».

L'idée selon laquelle il faut séjourner un certain temps dans une université étrangère «renommée» est dépassée. Il existe aujourd'hui de meilleurs moyens pour promouvoir une recherche internationale novatrice. A l'ère des technologies numériques, il est facile d'entretenir les contacts établis lors de conférences et de les transformer en véritables relations de travail. Un dossier partagé sur Dropbox commune est souvent bien plus utile et productif qu'un séjour dans une autre université.

Les expériences de recherche internationale sont notamment censées permettre aux jeunes scientifiques de se constituer un réseau international et de développer une pensée au-delà des frontières de leur propre université. Mais est-ce vraiment le cas? Souvent, les scientifiques invités sont mal intégrés aux équipes qui les reçoivent, et le temps manque pour poursuivre des intérêts communs. Si l'on veut vraiment parler de collaboration internationale, il serait plus utile d'examiner le résultat concret d'un séjour à l'étranger. Est-ce que des articles ont été publiés avec des collègues travaillant dans d'autres pays? Y a-t-il eu des demandes de financement pour des

projets impliquant une coopération internationale? Le scientifique est-il actif dans des comités de revues, de conférences ou d'autres plateformes internationales? Pour mesurer les capacités de collaboration internationale d'un ou d'une universitaire, de tels indicateurs seraient bien plus pertinents que quelques noms d'institutions égrenés dans un CV.

Non

dit Julia Nentwich de l'Université de Saint-Gall.

Depuis longtemps, les jeunes scientifiques doivent se comparer à un archétype idéalisé du chercheur: un être immatériel et sans liens, cosmopolite et indépendant. Sur le terrain, ce modèle représente un sérieux défi pour entretenir des relations sociales. On peut bien emmener ses enfants avec soi, mais qu'en est-il du partenaire ou encore de ses parents dont on voudrait prendre soin? En accordant trop d'importance à la mobilité individuelle, nous

risquons de conférer une valeur décisive à un critère de sélection qui n'a rien à voir avec une recherche novatrice ou de qualité.

Il faut aussi se demander dans quelle mesure les changements fréquents d'institutions ne réduisent pas la motivation de s'engager localement. Qui coordonnera les programmes d'études et le suivi des étudiants, qui maintient des contacts avec les entreprises et les organisations de la région? Nos activités d'enseignement et de recherche ne se font pas de manière individuelle, mais dans le cadre de curricula, de groupes, d'équipes.

Un point central pour la constitution d'une relève scientifique innovatrice et d'excellence est la possibilité d'avoir des carrières plus fiables ainsi qu'une plus grande autonomie du corps intermédiaire. Développer des réseaux internationaux devrait pouvoir se faire à un stade précoce de la carrière et de manière à porter à la recherche des fruits durables.

Julia Nentwich est professeure en psychologie à l'Université de Saint-Gall et mène des recherches sur l'égalité des chances.



Plongée sous la terre



L'humanité pénètre toujours plus profondément dans les entrailles de notre planète. Enquête sur les nouvelles questions soulevées par l'exploitation croissante du sous-sol.

Terre de non-droit

A qui appartient le sous-sol suisse et quels usages faut-il favoriser? La loi manque de clarté pour encadrer efficacement l'exploitation accrue des profondeurs.

Par Geneviève Ruiz

La Suisse peut se targuer d'être une championne des profondeurs: deuxième plus long tunnel de transport de personnes, une partie de la plus grande expérience scientifique souterraine jamais réalisée (le LHC du CERN) et une multitude de canalisations et bunkers qui font des Alpes un beau morceau d'emmental. Du moins en ce qui concerne l'ingénierie – car question gouvernance, le sous-sol helvétique ressemble plutôt à un «nouveau Far West», lance Olivier Lateltin, responsable du Service géologique national à Swisstopo: «Il est peu connu et peu légiféré. La règle qui prévaut parfois, c'est celle du premier arrivé, premier servi...»

Les administrateurs du pays ne savent donc pas très bien ce qu'ils doivent gérer sous leurs pieds. «Contrairement à d'autres nations, la Suisse n'a que peu exploré ses profondeurs, car aucun gisement pétrolier de grande importance n'y a été découvert, explique Nathalie Andenmatten, responsable du programme de géothermie du canton de Genève. Durant la Seconde Guerre mondiale, la France ou l'Allemagne ont notamment étudié leur sous-sol pour des raisons stratégiques, dans un but d'autosuffisance énergétique.»

Ce manque de connaissances ne touche pas seulement les couches profondes, mais également ce qui se trouve à moins de 30 mètres de la surface: seules quelques grandes villes disposent une cartographie précise de leur réseau de conduites. Pour le reste, il s'agit d'informations inexistantes, lacunaires ou difficiles à obtenir. «Le cadastre du sous-sol s'apparente à un no man's land, poursuit Olivier Lateltin. Pour trouver les informations, il faut souvent

s'adresser à une multitude d'acteurs, tels les opérateurs télécoms et les services industriels de la commune.»

Une loi fragmentaire

A ce savoir insatisfaisant s'ajoute une législation des plus floues: la Suisse ne possède pas de loi fédérale propre au sous-sol. Dans les faits, c'est l'article 667 du Code civil qui tente de régler la question, en étendant la propriété d'un terrain «dans toute la hauteur et la profondeur utile à son exercice», comme le sous-sol dans lequel de l'énergie est prélevée pour chauffer un bâtiment. (Le droit romain, au contraire, attribuait la propriété sans limites jusqu'au centre de la Terre.) Au final, «la question du domaine privé et du domaine public n'est pas résolue à l'heure actuelle en ce qui concerne le sous-sol», note Thierry Largey, spécialiste du droit de l'aménagement du territoire à l'Université de Lausanne.

«Le cadastre du sous-sol s'apparente à un no man's land.»

Olivier Lateltin

La situation ne va pas sans poser de problèmes, en particulier avec des bâtiments de plus en plus élevés qui nécessitent des ancrages de plus en plus profonds. «C'est notamment le cas lorsque, suivant la configuration du terrain, les ancrages s'écartent de la colonne de sous-sol située en-dessous des parcelles, poursuit le chercheur. Le propriétaire doit-il obtenir une autorisation de

la part de son voisin ou plutôt du canton?» Au même moment, le développement de la géothermie fait se multiplier les sondes pouvant aller jusqu'à 300 mètres afin de chauffer un logement individuel, ce qui augmente d'autant la profondeur «utile» à l'exercice de la propriété en surface.

Au-delà des zones régies par la propriété privée, le sous-sol suisse est un bien du domaine public, au même titre que les lacs, les névés ou les zones impropres à la culture. Ce sont les cantons qui exercent leur souveraineté sur les usages de ces espaces, au travers de leur droit administratif. «La gestion du sous-sol reste cependant très sectorielle, observe Thierry Largey. Il n'y a aucune vue d'ensemble et aucune harmonisation entre les cantons. Si des lois cantonales datent du XIXe siècle, d'autres ont été récemment révisées.» Certains cantons ne possèdent même pas de législations explicites pour des thèmes précis tels que la géothermie. Au niveau du droit fédéral, les usages du sous-sol ne sont pas expressément mentionnés dans la législation sur l'aménagement du territoire. Malgré cela, une certaine coordination de l'exploitation des ressources souterraines reste possible, grâce en particulier aux outils de planification aux niveaux fédéral et cantonaux.

Conflits programmés

Jusqu'à récemment, cette législation lacunaire et cette méconnaissance posaient peu de véritables problèmes. Ce n'est que depuis quelques années que les spécialistes tirent la sonnette d'alarme. Suite notamment à l'urbanisation et au développement de nouvelles technologies, ils s'inquiètent de la compétition accrue des

usages du sous-sol susceptibles d'entraîner des conflits ainsi qu'une utilisation non durable des ressources. Les espaces souterrains ont en effet une spécificité: une fois construits, ils ne peuvent presque plus subir de changements d'affectation.

Les usages du sous-sol helvétique peuvent être classés en quatre grandes catégories: l'extraction des matières premières (principalement le gravier et le sable), la gestion des eaux souterraines (qui couvrent 82% des besoins), la construction (y compris les voies de communication) et l'énergie (production et stockage). «Des conflits dans les usages du sous-sol sont susceptibles de survenir partout, mais c'est surtout dans les agglomérations urbaines que la situation risque de se tendre ces prochaines années», souligne Stéphane Nahrath, professeur à l'Institut de hautes études en administration publique à Lausanne et chercheur du Programme national de recherche «Utilisation durable de la ressource sol».

Métro vs géothermie

Par exemple, la pollution peut toucher des nappes phréatiques. Surtout, les sous-sols déjà encombrés ne vont pas permettre à tout le monde d'installer sa sonde géothermique. Ainsi, à Lausanne, les propriétaires dont le bien se situe au-dessus du tracé du futur métro M3 ne seront pas en mesure d'utiliser la chaleur du sous-sol. Ce qui pose la question suivante: seront-ils indemnisés? «Aucune législation ne permet actuellement de trancher», répond Stéphane Nahrath. L'essor de la géothermie - encouragé par la Stratégie énergétique 2050 - entre déjà en conflit avec des projets de tunnels de transport.

Les problèmes potentiels ne s'arrêtent pas là: d'autres initiatives envisagent de stocker CO₂, gaz naturel ou encore déchets radioactifs dans des entrepôts souterrains, et d'enterrer les lignes à haute tension. Le manque chronique de surfaces à bâtir pousse les architectes à lorgner de plus en plus vers une extension des constructions dans le sous-sol, qui fournit de plus d'excellentes propriétés thermiques. De gros projets d'infrastructures se profilent également à l'horizon, comme «Cargo Sous Terrain», un tunnel de fret en réseau entièrement automatisé, ou encore Eurotube, qui veut développer une technologie de transport à haute vitesse à travers un tube métallique, auquel participent les deux écoles polytechniques fédérales.

«Un grand nombre de ces projets concernent l'avenir, poursuit Olivier Lateltin. Mais il est nécessaire de mettre maintenant en place des outils de gestion

de l'espace souterrain.» Pour Stéphane Nahrath aussi, «nous devons coordonner à long terme l'aménagement du territoire en incluant le sous-sol. Il faut établir des plans, définir des zonages et planifier les usages, comme nous savons très bien le faire pour la surface. Si nous ne clarifions pas la législation du sous-sol, c'est la jurisprudence du Tribunal fédéral qui s'en chargera ces prochaines années. Car les cas vont probablement se multiplier. Or, on sait que dans ce domaine, il est toujours mieux d'anticiper la réflexion». Si la Suisse n'étoffe pas sa législation, ce seront les juges qui décideront comment gérer notre sous-sol - sans que les experts n'aient vraiment leur mot à dire.

A Genève, Nathalie Andenmatten relève un autre problème: «Si l'on ne planifie pas mieux l'utilisation du sous-sol, on risque d'empêcher le développement de certaines technologies dans le futur.» Dans le cas de la géothermie, on a vu en Suisse ces dernières années se multiplier les sondes géothermiques à faible profondeur, jusqu'à 200 mètres environ. Elles peuvent bien convenir à des villas individuelles, mais bien moins aux besoins des bâtiments des centres-villes, où les sous-sols sont déjà encombrés. Ces constructions bénéficient davantage d'un système collectif basé sur la géothermie sur nappe ou à moyenne profondeur.

Les limites du fédéralisme

«Si les autorités laissent maintenant les particuliers installer leurs sondes ou champs de sondes individuellement sans planification, elles ne pourront plus envisager de systèmes collectifs dans ces quartiers-là», explique la géologue. Elle estime aussi que la disparité, voire l'absence de législations adaptées dans les cantons rend très difficile l'implémentation de grands projets dans le domaine de la géothermie: «Les données à fournir sont différentes dans chaque canton; quelque chose sera interdit à un endroit et permis à un autre; bref, cela décourage les porteurs de projets. Pour que la géothermie de moyenne profondeur se développe en Suisse (de 300 à 3000 mètres de profondeur), il faudrait une évolution et une harmonisation des pratiques intercantionales.»

La géothermie n'est pas le seul secteur à réclamer une harmonisation, car de nombreux projets souterrains dépasseront les frontières cantonales. La solution viendra peut-être de la seconde révision de la loi fédérale sur l'aménagement du territoire (LAT2) qui prévoit de considérer et planifier l'aménagement du territoire dans sa troisième dimension. «Il serait évidemment

souhaitable que la LAT 2 détaille l'aménagement du territoire en sous-sol, souligne Marianne Niggli, présidente de l'Association suisse des géologues. Celle-ci organise un symposium l'automne prochain dans le but notamment de débattre du contenu de la future loi avec des géologues, des urbanistes, des entrepreneurs ainsi que des spécialistes de l'aménagement du territoire.

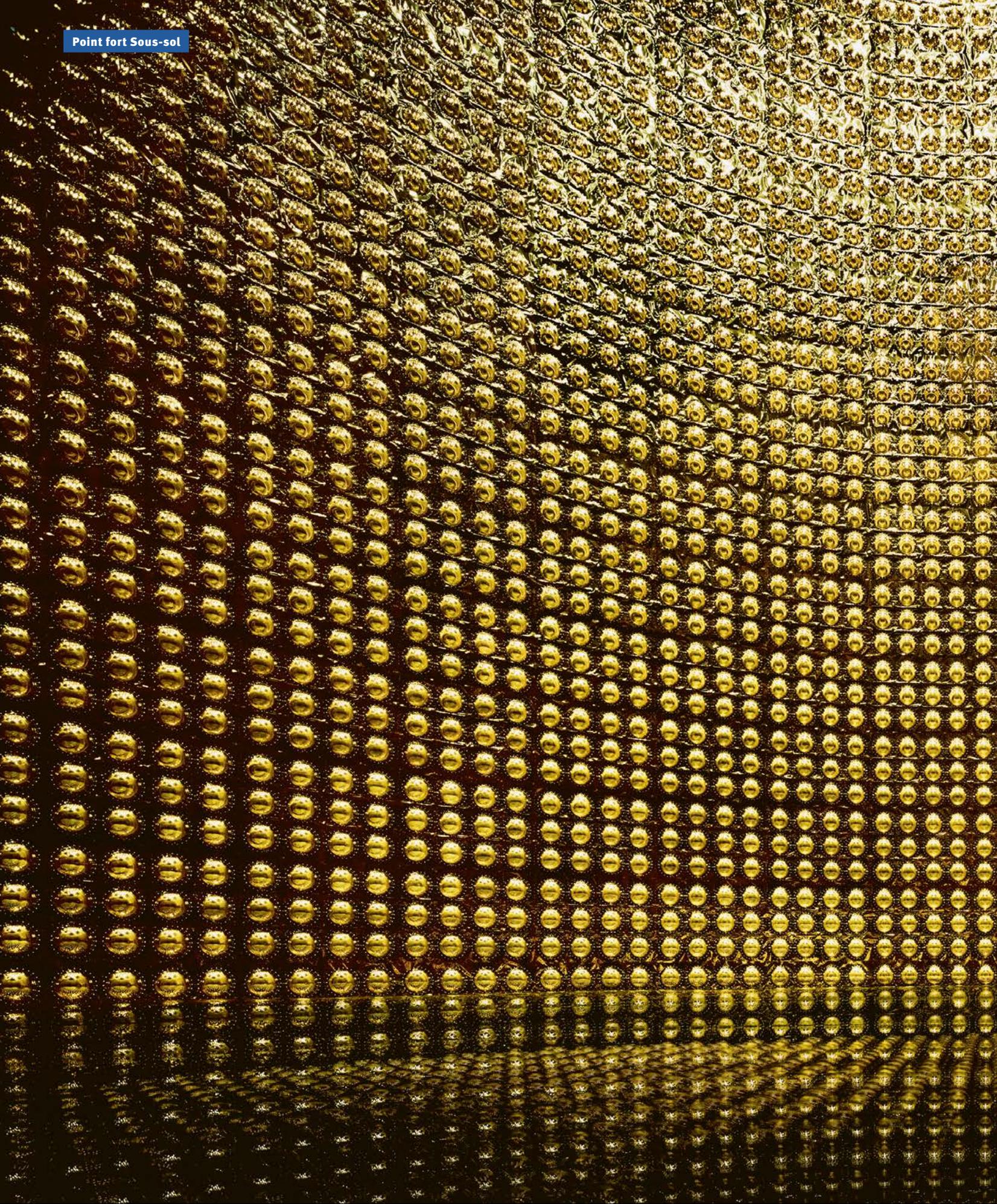
«Des conflits dans les usages du sous-sol peuvent survenir partout.»

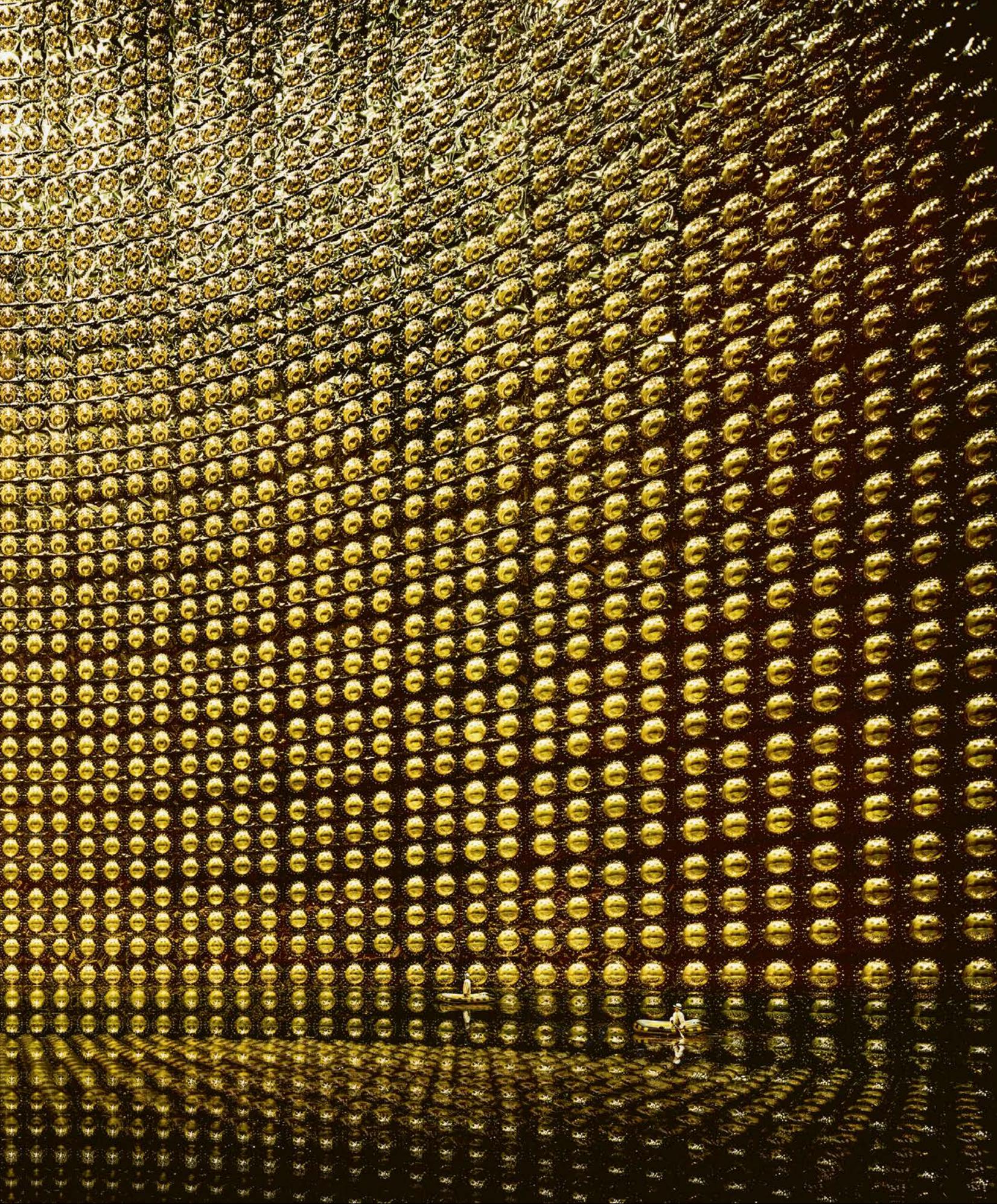
Stéphane Nahrath

En attendant, des projets menés par Swisstopo en collaboration avec les administrations fédérales et cantonales pourraient grandement améliorer la connaissance du sous-sol suisse (voir «Cartographie d'un monde invisible», p.19). «Nous mettons en place différentes bases de données sur les structures souterraines d'intérêt national, tels les forages de grande profondeur ou les lignes sismiques, explique Olivier Lateltin. Nous voulons instaurer des standards pour la description des données géologiques en Suisse et aider les cantons à les mettre à disposition, notamment pour les planificateurs et les porteurs de projets. Je pense que d'ici dix ans, nos modèles géologiques du sous-sol seront performants pour les grandes agglomérations du Plateau suisse.»

Ces données faciliteront-elles l'adoption d'une nouvelle législation? Peut-être, «mais il ne faudrait pas non plus trop de régulations pouvant avoir des effets pervers», considère Marianne Niggli. Il reste de fait un certain nombre d'incertitudes concernant les projets futurs. Les nouvelles normes devraient selon elle être instaurées petit à petit, en fonction de l'avancée des connaissances. Et avec celles-ci, les spécialistes du sous-sol réclament à cor et à cri la formation de groupes d'experts, la formulation de standards techniques ainsi que la diffusion de bonnes pratiques. Conditions nécessaires pour exploiter rationnellement et avec bonne mesure le «fondement» même de notre nation.

Geneviève Ruiz est une journaliste libre basée à Nyon.





Science en sous-sol

Dans les grottes et les égouts, sur les chantiers et sous nos pieds: les sites de recherche foisonnent. Incursion dans la connaissance profonde.

Texte: Roland Fischer
Infographie: Vollkorn

Les messages du passé

Fouilles

Cela arrive parfois: une machine de chantier tombe par hasard sur des reliques historiques d'intérêt scientifique. Les archéologues prennent alors le relais, avec toute la prudence nécessaire. Ou c'est l'érosion qui met à jour ces témoins silencieux d'un autre siècle. Il s'agit alors de procéder à des fouilles urgentes pour sauver les vestiges. Mais l'archéologue moderne préfère pouvoir laisser les découvertes sur place: elles y sont bien protégées et gardent le plus d'informations contextuelles. Le sous-sol offrant les meilleures archives, on ne procède à des fouilles que si la substance historique est menacée. Pour Armand Baeriswyl de l'Institut des sciences

50 tonnes sur coussin d'air

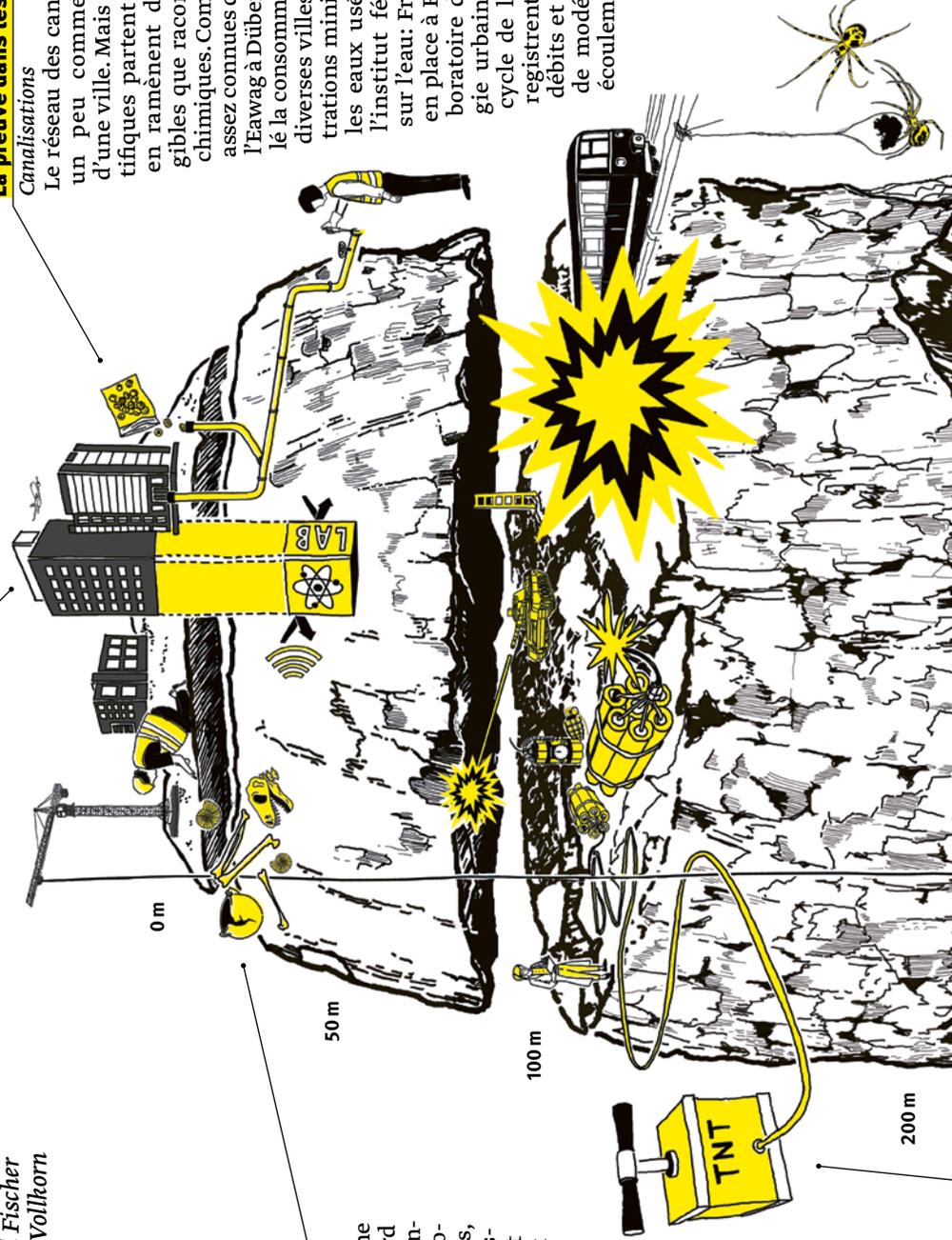
Laboratoire à Rüschiikon (ZH)

Mener des expériences de pointe en nanotechnologie exige une chose: réduire le plus possible les vibrations, bruits et autres variations de température susceptibles de perturber les mesures. C'était une chance que la roche sous le centre de recherche d'IBM à Rüschiikon près de Zurich ne soit qu'à une profondeur de 8 mètres, sous une couche de terre et d'argile. L'entreprise a donc pu y fixer les fondations des plus spéciaux: les tables d'expérimentation sont soutenues par des socles en béton de 50 tonnes flottant sur des coussins d'air. De quoi les protéger des vibrations dues à l'autoroute qui passe à une centaine de mètres de là. Ils permettent d'effectuer des expériences dans un «silence» unique au monde, également abrité des rayonnements électromagnétiques et des bruits acoustiques. La température ne varie pas de plus de 0,01 degré au cours d'une expérience pour éviter la dilatation des instruments qui fausserait les mesures.

La preuve dans les égouts

Canalisations

Le réseau des canalisations, c'est un peu comme l'inconscient d'une ville. Mais quand des scientifiques partent les explorer, ils en ramènent des histoires tangibles que racontent des résidus chimiques. Comme les recherches assez connues de Christoph Ort de l'Eawag à Dübendorf, qui a extrapolé la consommation de drogues de diverses villes à partir de concentrations minimales mesurées dans les eaux usées. Autre projet de l'institut fédéral de recherche sur l'eau: Frank Blumensaatt met en place à Fehraltorf (ZH) un laboratoire de terrain en hydrologie urbaine pour l'ensemble du cycle de l'eau. Des capteurs enregistrent les précipitations, les débits et le niveau des eaux afin de modéliser précisément leur écoulement dans l'espace urbain.



archéologiques de Berne, l'archéologie est d'ailleurs une forme de **destruction contrôlée**. A noter qu'en Suisse, ce sont les cantons qui décident: le Code civil spécifique que «les curiosités naturelles et les antiquités qui n'appartiennent à personne et qui offrent un intérêt scientifique sont la propriété du canton sur le territoire duquel elles ont été trouvées».

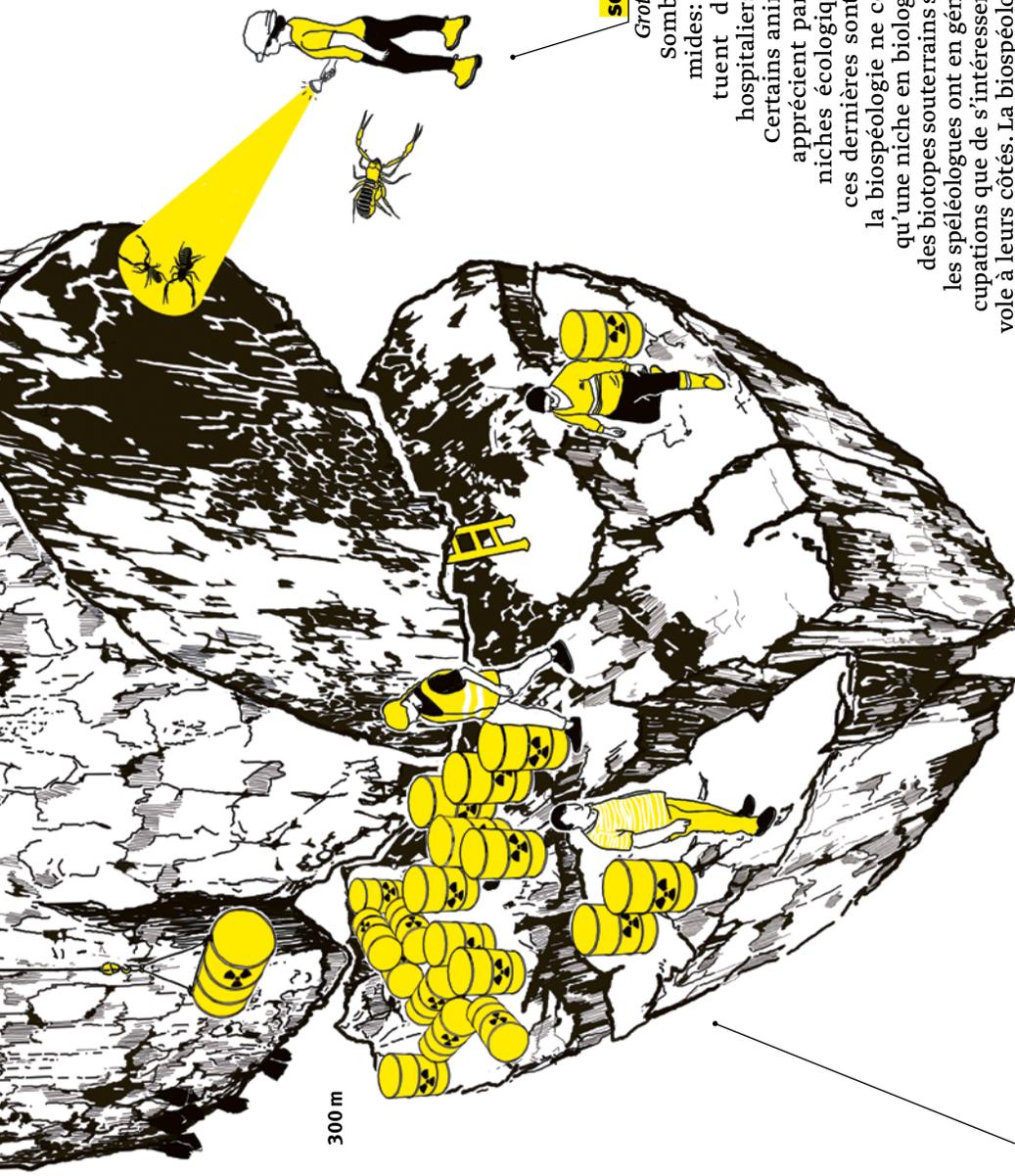
Terrain de jeu pour pyromane

Galerie d'essai de Hagerbach (SG)

Des marteaux-piqueurs s'acharnent contre un calcaire tenace; des canons antiaériens tirent dans l'obscurité. Située près de Flums (SG), la galerie d'Hagerbach permet de mener les essais les plus extrêmes en toute discrétion. Au cœur de la montagne, les défaillances de systèmes anti-incendie ne sont pas si graves, et c'est donc l'endroit idéal pour les tester. Le site a été créé il y a près de cinquante ans par des ingénieurs des tunnels pour réaliser des essais dans des conditions proches de la réalité. Ils ont testé leurs machines et leurs **explosifs** avec un tel succès qu'ils ont créé un vaste réseau de galeries long de plusieurs kilomètres. Celui-ci offre désormais assez de place pour réaliser une multitude de recherches qui ont besoin de la protection géologique offerte par les entrailles de la terre.

250 m

300 m



Science citoyenne souterraine

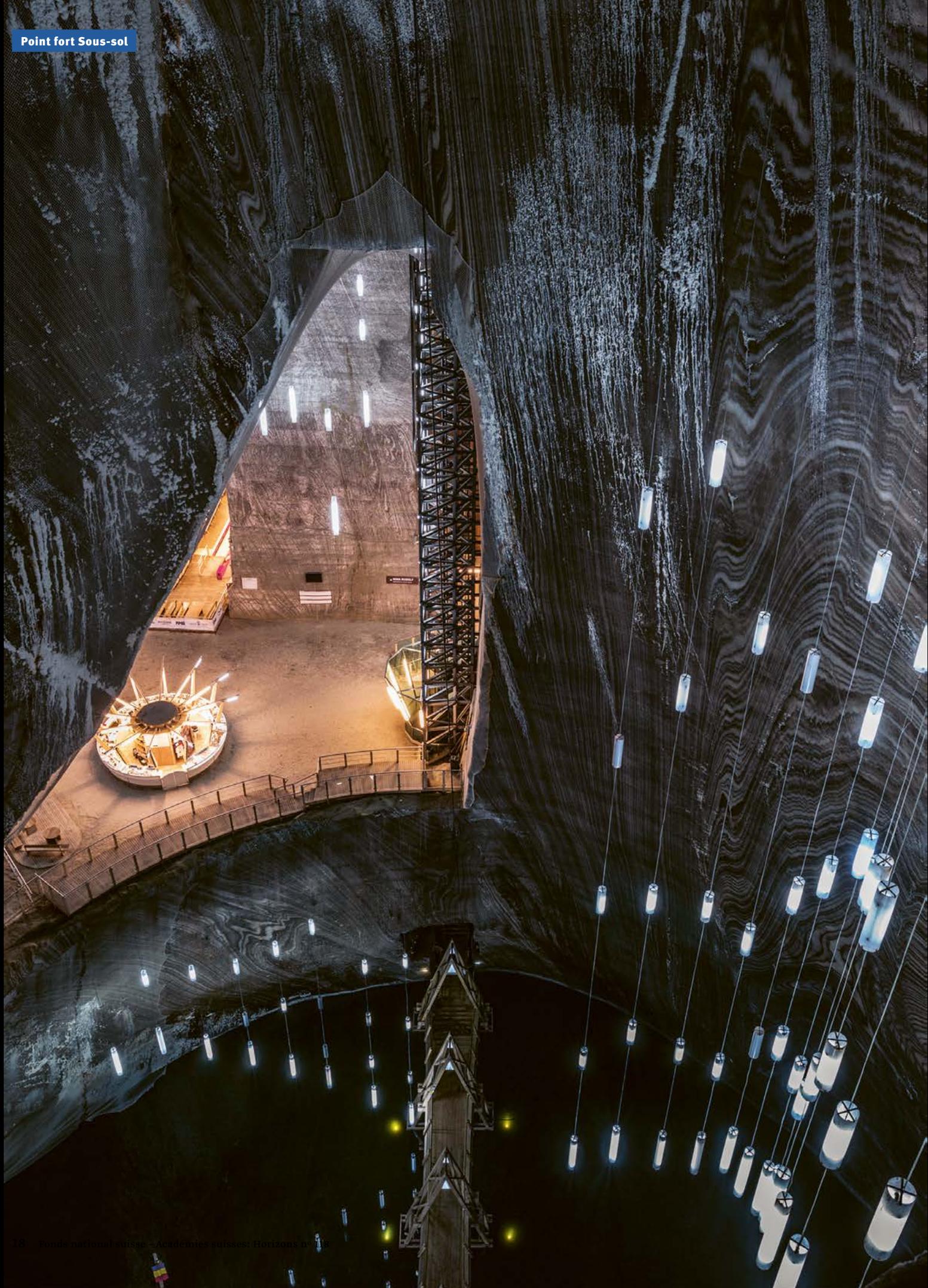
Grottes

Sombres, froides et humides: les grottes constituent des biotopes peu hospitaliers pour les humains. Certains animaux en revanche apprécient particulièrement ces niches écologiques. Mais comme ces dernières sont des plus exiguës, la biospéologie ne constitue elle aussi qu'une niche en biologie. Les spécialistes des biotopes souterrains sont rares, alors que les spéléologues ont en général d'autres préoccupations que de s'intéresser à ce qui rampe ou vole à leurs côtés. La biospéologie représente ainsi un bel exemple de science citoyenne: des amateurs rapportent de temps à autre des trouvailles que les spécialistes trient et classifient. Ainsi, récemment, trois espèces de **pseudoscorpions** ont été découvertes dans les grottes du Hölloch (SZ) ou encore du Schratzenfluh (LU).

Des microbes pour le stockage des déchets nucléaires

Galerie au Mont Terri (JU)

Cette montagne qu'on ne laisse jamais tranquille: le Mont Terri isolant l'Ajoie du reste du canton du Jura, on devait bien finir par creuser des tunnels, d'abord ferroviaire puis routier. De plus, on a découvert que l'argile à opalines qu'on y trouve fait partie des couches géologiques les plus stables et les plus imperméables. La Nagra a aménagé à côté du tunnel autoroutier une galerie destinée à mener des recherches sur l'entreposage de déchets nucléaires (et non pas à les stocker). Par exemple, une chercheuse de l'EPFL a récemment montré que l'on pourrait mieux contrôler la **corrosion** de conteneurs en acier en cultivant des micro-organismes particuliers à proximité.



Cartographie d'un monde invisible

Le sous-sol helvétique doit fournir de l'énergie, stocker le CO₂ et servir au transport. Deux nouveaux modèles de la Suisse des profondeurs veulent faciliter la planification des nouveaux projets.

Par Yvonne Vahlensieck

Aucun problème à trouver des photos ou des cartes de la Lune et de Mars. En revanche, le monde situé directement sous nos pieds reste largement inconnu - alors même qu'il intéresse un nombre croissant d'acteurs. Ils rêvent d'en tirer de l'électricité par géothermie, d'y stocker les déchets nucléaires et du CO₂, ou encore d'y faire transiter des marchandises.

Sous-sol en 3D

La plupart de ces projets concernent le Plateau, densément peuplé. Pour accélérer leur planification, l'Office fédéral de topographie Swisstopo a développé un modèle 3D de sa structure géologique. Ce bassin molassique atteint des profondeurs allant de quelques centaines de mètres au nord à six mille mètres au sud. Il est constitué de couches sédimentaires telles le calcaire, la marne et le grès qui se sont déposées voilà 300 millions d'années, une époque où la mer recouvrait encore la Suisse.

«Avec une visualisation tridimensionnelle, les décideurs non-spécialistes peuvent comprendre la structure du sous-sol», dit Robin Allenbach, responsable du projet à Swisstopo. Grâce au modèle Geomol 17, les ingénieurs civils sont en mesure par exemple de prévoir plus précisément à quels types de roches ils seront confrontés lors du percement de tunnels

et éviter ainsi que le tracé ne traverse des formations défavorables, de la roche non consolidée.

Cet outil joue déjà un rôle important pour la planification du réseau du projet «Cargo Sous Terrain» qui envisage de relier les grandes villes du pays par un réseau de tunnels. Les marchandises devront être transportées de manière entièrement automatisée dans des tubes de 6 mètres de diamètre à bord de véhicules autonomes. Selon ses promoteurs, jusqu'à 40% du transport des marchandises pourrait à l'avenir être assuré sous terre. Ils projettent d'ouvrir en 2030 un premier tronçon de 70 kilomètres de long entre Niederbipp (SO) et Zurich.

«L'origine des cours d'eau souterrains dans les Alpes constitue l'un des plus grands mystères géologiques de Suisse.»

Gunter Siddiqi

Le modèle de Swisstopo visualise le parcours et l'épaisseur des couches géologiques ainsi que les zones de failles, qui jouent un rôle déterminant dans le choix des sites pour des projets de construction

souterrains, en particulier pour les forages profonds. «Le modèle 3D permet par exemple d'envisager la manière dont l'eau s'écoule dans ces failles, ce qui s'avère essentiel pour les projets de géothermie, explique Gunter Siddiqi de l'Office fédéral de l'énergie. Il localise environ 600 failles, contre une poignée seulement pour les représentations antérieures. C'est un projet incroyablement important pour la Suisse.»

Précieuses archives

Pour cette modélisation, les géologues n'ont pas recueilli de nouvelles données mais ont consolidé les milliers d'informations déjà disponibles auprès de sources très différentes: des entreprises privées telles que la société Seag active dans la prospection gazière et pétrolière en Suisse, ainsi que des projets de recherche, notamment ceux menés par la Cedra sur le stockage en profondeur des déchets radioactifs. «Nous avons scanné et traité des montagnes de documents, poursuit Robin Allenbach. C'est la mise à niveau de toutes ces données qui nous a demandé le plus de travail, car certaines étaient très anciennes.» Swisstopo a bénéficié de l'appui du Musée cantonal de géologie à Lausanne ainsi que des universités de Genève, Fribourg, Berne et Bâle.

En analysant à nouveau les carottes de forage et le matériau broyé récolté lors

«Nous avons scanné des montagnes de documents.»

Robin Allenbach

d'anciennes campagnes, les scientifiques du projet ont pu mieux comprendre la composition des roches et ainsi obtenir des informations essentielles sur la structure du sous-sol. Mais ce type d'exploration reste rare au vu de leur coût et des moyens nécessaires: on dénombre jusqu'à présent seulement 165 forages à des profondeurs dépassant 500 mètres, soit environ quatre forages par 1000 kilomètres carrés. Raison pour laquelle il existe par endroits une très bonne compréhension du sous-sol suisse, mais seulement en quelques points, selon Gunter Siddiqi.

A l'écoute de la Terre

Une autre méthode pour ausculter les couches profondes, plus fréquentes mais moins précises, passe par des mesures sismiques. Des secousses artificielles sont provoquées dans le sol à l'aide de vibreurs ou d'explosifs. Les ondes générées se répercutent dans le sous-sol et leur vitesse permet aux géologues de déduire la structure des couches rocheuses inférieures. «Une sismique 3D sophistiquée permet désormais de visualiser des zones de failles avec une résolution de quelques centaines de mètres, parfois quelques douzaines», dit Marco Herwegh, professeur de géologie structurale à l'Université de Berne.

La cartographie du sous-sol utilise également les ondes sismiques provoquées par des tremblements de terre naturels. L'initiative AlpArray coordonnée par l'ETH Zurich et l'Université de Lausanne a installé au cours des dernières années un réseau de 600 sismographes dans un vaste périmètre autour des Alpes. Ces senseurs extrêmement précis enregistrent les plus légers tremblements de terre.

Mais une modélisation complète du sous-sol alpin manque encore à ce jour. Elle serait utile: l'espace alpin pourrait compter de nombreuses rivières d'eau chaude,

qui expliqueraient les multiples sources thermales trouvées en Valais et ouvriraient surtout des perspectives pour la production d'électricité géothermique (voir «Electricité géothermique grâce au CO₂»). Afin de reconstituer le parcours de l'eau, les géologues déterminent son âge et les types de roches qu'elle a traversées à l'aide d'analyses chimiques. Pour l'instant, l'origine précise de ces sources d'eau est l'un des plus grands mystères géologiques de Suisse, selon Gunter Siddiqi.

Le modèle du massif de l'Aar développé par Marco Herwegh constitue un premier pas. Son équipe analyse les données sismiques disponibles, les couches ainsi que les failles des formations rocheuses visibles en surface et projette en profondeur

ces lignes de coupe afin d'imaginer comment les couches rocheuses se poursuivent sous terre. Marco Herwegh est convaincu que ce type d'approche portera ses fruits: «Un modèle génère des indications sur les endroits où des forages géothermiques ont de bonnes chances d'aboutir. Certes, il n'y a jamais de garantie absolue. Mais c'est ce qui rend ce travail si passionnant.»

Yvonne Vahlensieck est une journaliste scientifique installée dans la région de Bâle.

Electricité géothermique grâce au CO₂

En Suisse, des sondes géothermiques permettent de chauffer un nombre croissant de bâtiments. Mais la géothermie pourrait à l'avenir également servir à produire de l'électricité. De l'eau chaude souterraine serait pompée à la surface pour y actionner une turbine, directement ou à l'aide d'un échangeur de chaleur.

La technique fonctionne en Islande, qui tire parti de l'eau peu profonde chauffée par le sol volcanique. En Suisse, atteindre les 100 ou 120 degrés nécessaires pour les technologies conventionnelles exige de descendre à une profondeur moyenne de 4 kilomètres, explique Gunter Siddiqi de l'Office fédéral de l'énergie. Et les projets pilotes menés à Bâle et à Saint-Gall ont montré que de tels forages ne sont pas seulement compliqués et coûteux, mais susceptibles de déclencher des tremblements de terre. Un effet secondaire particulièrement problématique en milieu urbain.

D'autres approches impliquant des sources de chaleur moins profondes sont donc sou-

haitables. Martin O. Saar de l'ETH Zurich a son idée: utiliser des sites de stockage du dioxyde de carbone qui réduisent de 90% les émissions de CO₂ produites dans des centrales électriques ou des usines. Il en existe une quinzaine dans le monde, et le chercheur se dit confiant que la Suisse en aura elle aussi dans un proche avenir.

Chauffé par géothermie, le gaz stocké atteint des températures d'environ 80 degrés à des profondeurs de 2,5 kilomètres déjà. «Nous pourrions le ramener brièvement à la surface pour produire de l'électricité avant de le repomper dans les profondeurs pour le stocker de manière permanente, explique Martin O. Saar. Les propriétés physiques du CO₂ permettraient de produire du courant deux fois plus efficacement qu'avec de l'eau – et cela à des températures moins élevées, à une moindre profondeur et de manière rentable.» Le chercheur espère bientôt trouver les fonds pour une installation pilote.

Hommage: Andreas Gursky met en scène les habits de mineurs suspendus pour sécher, suite à la fermeture en 2008 de la mine de charbon d'Ost in Hamm en Allemagne. Photo: Andreas Gursky/Pro Litteris, Bonn 2018, Courtesy Sprüth Magers



Des trous suisses remplis d'imaginaire

Bunkers, abris, tunnels: notre pays creuse inlassablement et enterre sa mémoire, ses mythes et son identité. Visite guidée avec André Ourednik, géographe et auteur de science-fiction.

Propos recueillis par Nic Ulmi

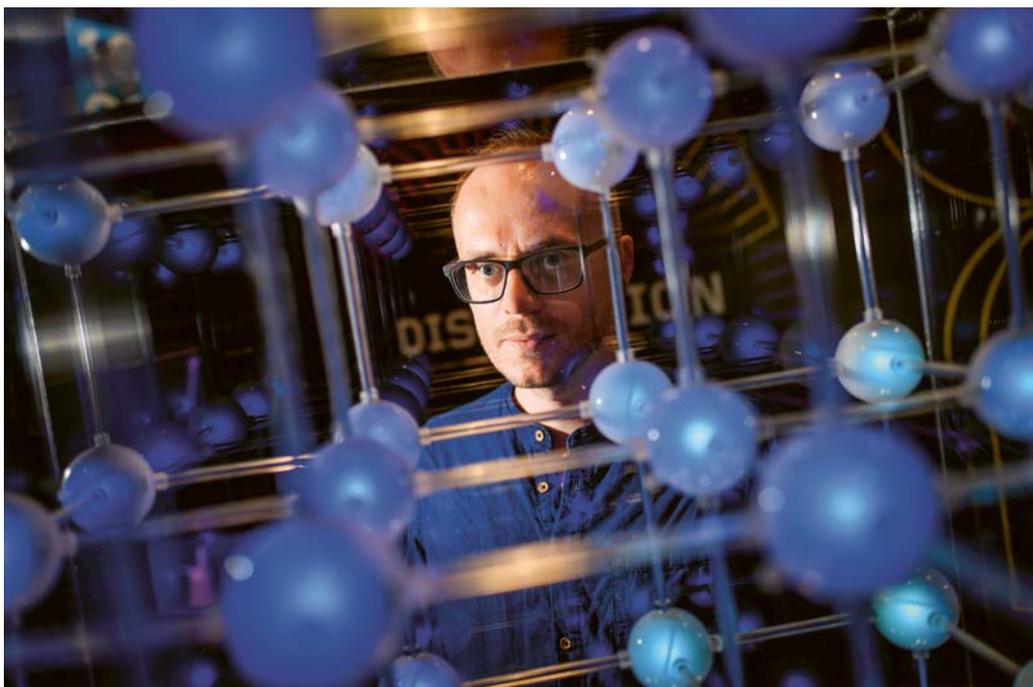
Un réseau de trous, doté de proportions épiques et d'un rayonnement légendaire, traverse les tréfonds du territoire suisse. Du réduit national aux tunnels ferroviaires en passant par le carnotzet, le pays entretient une relation singulièrement passionnée avec son sous-sol. Pour explorer ce lien à la fois tangible et imaginaire, Horizons s'est entretenu avec André Ourednik. Géographe spécialisé dans l'espace habité et chargé d'enseignement à l'EPFL ainsi qu'à l'Université de Neuchâtel, le chercheur d'origine tchèque est également un écrivain de science-fiction dont les romans visitent régulièrement les mondes souterrains.

Comment analysez-vous la relation de la Suisse avec son sous-sol?

Première chose: il y a un aspect identitaire, une part de l'identité nationale qui s'est construite en lien avec la capacité des Suisses de creuser des tunnels. On fait ainsi beaucoup de cas du fait que nos tunnels seraient les plus longs. Sauf que ce n'est pas vrai: le Gothard est le plus long tunnel ferroviaire transportant des personnes et passant sous des montagnes, mais le plus long tunnel tout court est la ligne 3 du métro de Guangzhou (Canton), en Chine. Simple-ment, personne n'en parle, et les Chinois s'en fichent, parce que les tunnels ne font pas partie de leur mythes nationaux.

«La claustrophobie, c'est le piège du carnotzet éternel.»

L'obsession suisse pour les tunnels présente évidemment des aspects économiques. Il y a un savoir-faire à exporter, une valeur marchande à prouver. Comme pour la construction des abris souterrains antiatomiques pendant la guerre froide, elle résulte en partie du lobbying mené par l'industrie du ciment auprès des parlementaires afin de rendre obligatoire l'aménagement de ces abris.



Le souterrain représente autant le monde des morts qu'un lieu de gestation, selon l'écrivain et géographe André Ourednik. Photo: Alain Wicht/La Liberté

Le réduit national développé durant la Seconde Guerre mondiale n'était pas destiné à la population. Mais elle y a cru...

Il existe en effet un double imaginaire du souterrain. D'une part, c'est depuis les Sumeriens le monde des morts, un lieu auquel on ne survit que si l'on est un dieu ou un héros, Gilgamesh, Amon Rê, Orphée... D'autre part, il y a un imaginaire positif du souterrain comme lieu où on se préserve, comme lieu de gestation d'où une société renouvelée va surgir lorsque les conditions du monde seront à nouveau propices. A l'échelle de la vie quotidienne, cette idée est présente en Suisse dans le folklore du carnotzet, la cave à vin convertie en lieu de sociabilité souterrain où l'on se structure soi-même, coupé de l'extérieur et entouré

de son groupe d'amis, en se fabriquant une intériorité. Mais cette posture poussée à l'excès conduit à une forme particulière de claustrophobie qu'on observe à bord des sous-marins, ainsi que dans toutes les circonstances où des personnes sont confinées ensemble longtemps dans un même endroit: irritabilité, troubles obsessionnels, paranoïa. C'est le piège du carnotzet éternel...

Après les tunnels alpins, le réduit national et les abris antiatomiques, ce lien privilégié de la Suisse avec ses profondeurs se renouvelle aujourd'hui avec les projets de stockage de données.

En effet, la Suisse se positionne aujourd'hui sur le marché de la sécurisation des données. Comme l'entreprise tessinoise

Dataverna, qui a acheté une partie des galeries de service creusées pendant la réalisation du tunnel de base du Gothard afin d'y installer des serveurs informatiques.

L'expression «data mining» désigne l'exploration et l'exploitation des données. C'est comme si cette métaphore est en train de devenir une réalité concrète.

D'un côté, il semblerait en effet que le monde physique donne raison à la métaphore. Mais on peut voir les choses dans l'autre sens: la matérialité des choses, imprégnée d'un imaginaire ancien et d'usages passés, persiste et détermine notre manière de penser. C'est vrai pour des choses anodines: la disposition des lettres sur nos claviers d'ordinateur vient de la matérialité des barres de frappe des anciennes machines à écrire, qui risquaient de s'emmêler si certaines lettres étaient trop proches.

Des anciennes pratiques sociales continuent donc à s'imprimer dans notre esprit et dans nos comportements à travers la matérialité des choses. L'impact de ce type d'empreinte s'observe de manière caractéristique avec les tunnels. J'ai travaillé pour le projet PostCarWorld à l'EPFL, qui explore l'hypothèse d'un monde d'où les voitures auraient été éliminées. Dans ce cadre, on remarque que la réalisation d'un tube supplémentaire pour les voitures dans le Gothard, votée en 2016, nous condamnera en quelque sorte à rentabiliser cet ouvrage. On crée une infrastructure parce qu'il y a des voitures, donc on va continuer à faire des transports à longue distance en voiture parce que cette possibilité existe. La logique qui a conduit à creuser des trous sous les Alpes, propre à nos ancêtres, persiste dans nos pratiques parce qu'elle est inscrite dans la matière.

Ce qui nous amène à un dernier aspect important de l'imaginaire du souterrain: le monde est susceptible de changer, mais la matière persiste, et ce qu'on y a imprimé, enseveli dans le sol, pourrait donc en resurgir.

Comme les 7000 tonnes de munitions enfouies pendant la Seconde Guerre mondiale dans le dépôt de Mitholz dans l'Oberland bernois, qui ont provoqué une déflagration meurtrière en 1947 et qui pourraient exploser à nouveau...

Ou comme les documents de l'armée secrète P26 placés dans le «Musée Résistance Suisse», inauguré en présence du conseiller fédéral Ueli Maurer en novembre 2017 dans le bunker même où cette armée s'entraînait, à Gstaad. Les archives concernant l'organisation censée orchestrer une

résistance en cas d'invasion par le pacte de Varsovie sont couvertes par le secret par décision du Conseil fédéral, mais seront ouvertes en 2041. Sous terre, nous avons donc enseveli non seulement notre mémoire, mais aussi nos intentions passées, ainsi que des combats contre un ennemi plus ou moins mythique qui n'existe plus. Dans l'imaginaire du souterrain, tout cela peut se réveiller à tout moment. Comme le char d'assaut du film «Underground» d'Emir Kusturica, qui surgit d'un tunnel bien après l'effondrement de la Yougoslavie, qui est toujours prêt à faire la guerre et qui se cherche un ennemi.

Vous avez exploré toute sorte de profondeurs dans votre œuvre littéraire.

La première fois, c'était dans ma nouvelle «Naufrage», où les personnages voyagent en bateau à travers une Suisse souterraine dans des tunnels aquatiques. L'idée renvoyait à deux mythologies nationales, celle de la Suisse comme lieu de connexion unique à travers les Alpes et celle du réduit national, le système de fortifications alpin censé assurer la défense du pays pendant la Seconde Guerre mondiale.

«Les Chinois s'en fichent, car les tunnels ne font pas partie de leur mythes nationaux.»

Une autre source d'inspiration de ce texte était une nouvelle de Friedrich Dürrenmatt, «Le Tunnel», écrite en 1952. Le protagoniste voyage en train entre Zurich et Berne, il entre dans un tunnel, le temps passe, tout à coup il réalise qu'une heure s'est écoulée et que le train n'est toujours pas ressorti à la lumière du jour... Dans ma nouvelle, les choses se gâtent aussi: une paroi se déchire - c'est un peu comme si la structure de la Suisse idéale s'effritait - et le bateau se retrouve emporté par une chute d'eau dans un trou à la Jules Verne. On débouche ainsi dans un espace souterrain où vivent des soldats de toutes les époques du passé, de Winkelried au général Guisan, cachés et préservés dans le réduit national.

C'est tout le décor qui s'enfonce sous terre dans votre roman «Les cartes du boyard Kraïenski»...

C'est l'histoire d'un cartographe suisse qui est envoyé en mission pour définir la frontière est de l'Europe. Le cartographe arrive dans le château d'un boyard, quelque part près de l'Ukraine, où il doit scanner une

collection de cartes anciennes pour fixer le tracé exact de la frontière. Mais les cartes se contredisent, elles ne collent pas les unes avec les autres, sans compter que le château est en train de s'enfoncer progressivement sous terre...

Il y a deux thèmes qui m'intéressaient ici. L'un est lié à une branche des systèmes d'information géographiques qu'on appelle la géodésie, qui s'attelle à recalculer régulièrement les coordonnées d'une série de points sur Terre. Ces repères se déplacent relativement vite: la dérive des continents va jusqu'à 10-15 centimètres par an, ce qui fait tout de même quelque 2 kilomètres depuis la fondation de Jéricho. Je suis fasciné par cette impermanence du territoire liée au mouvement des plaques tectoniques. Les frontières bougent non seulement historiquement, mais aussi géologiquement, sous l'effet de ce mouvement des profondeurs, qui implique une instabilité fondamentale de tout territoire de référence.

L'autre thème est lié au mouvement du château qui s'enfonce. A un moment donné, le protagoniste part fouiller dans le sous-sol et découvre que des couches antérieures du manoir sont en train de macérer dans la terre glaise. Il est confronté alors à cette capacité qu'a la terre d'engloutir la réalité qu'on construit dessus, au fait que toute forme de projet humain retourne tôt ou tard à cette pâte indéterminée.

Vous reliez ensuite l'imaginaire du souterrain et celui des mégadonnées.

Dans mon dernier roman «Omniscience» de 2017, on est à nouveau sous terre, dans une caverne où l'on stocke des quantités illimitées de données sous une forme liquide, et où des plongeurs tissent des fils narratifs en s'immergeant dans ce vaste bassin... Et il y a encore un roman à paraître, un texte de commande en lien avec l'œuvre «Atomik Submarine» de l'artiste François Burland, qui a construit un modèle de sous-marin soviétique de dix-huit mètres, évoquant la peur de l'ennemi rouge qu'on imaginait voir surgir n'importe où dans la Suisse des années 1970-1980. Dans ce roman, on se retrouve encore une fois sous terre et on rencontre Gabi I et Gabi II - les noms donnés aux deux tunneliers qui creusaient le nouveau tunnel du Gothard -, qui continuent à excaver, sans qu'on sache pourquoi... Vous voyez, on n'a pas fini de creuser.

Nic Ulmi est journaliste libre à Genève.

INTERVIEW

«Monter sur scène, c'était un défi personnel»

F. Imhof@UNIL



En trois minutes, Pascale Deneulin a résumé sa thèse portant sur la minéralité du vin et conquis le jury: la doctorante représentera la Suisse lors de la finale internationale du concours «Ma thèse en 180 secondes», le 27 septembre prochain à Lausanne.

Résumer trois ans de recherche en trois minutes, c'est risqué. Pourquoi tenter un tel défi et monter sur scène?

D'abord pour sortir de mon labo, pour confronter mes travaux au grand public. Ensuite, comme challenge personnel. J'avais déjà suivi des cours de communication proposés par Swissuniversities, et je voulais encore apprendre quelque chose et progresser.

L'exercice peut trivialisier la science, par essence complexe, pleine de doutes et de nuances.

Ce danger existe. Il est très important de ne pas aller trop loin dans la

simplification. Dans ma présentation, j'ai volontairement répété plusieurs fois les mots statistiques et probabilité, car il faut montrer qu'il y a une vraie méthodologie derrière et qu'en science, les résultats ne viennent pas par magie.

Combien de fois avez-vous peaufiné votre présentation?

J'ai écrit quatorze versions! Je l'ai répétée souvent seule, lors de balades ou dans la voiture, parfois en me filmant. En tout, j'ai dû suivre cinq ou six modules de formation. C'est un investissement certain, mais il s'avère très utile pour ma vie professionnelle: on utilise dans les congrès scientifiques des techniques similaires pour éviter que son auditoire ne s'endorme... Cette aventure m'a énormément apporté sur le plan humain, avec de belles rencontres avec les autres candidats. Entre nous, il y avait beaucoup d'entraide et de critiques constructives.

Votre recette?

Les discours gagnants suivent souvent une structure similaire: exposer la problématique, expliciter les méthodes et techniques, parfois complexes, à l'aide d'une métaphore et finalement résumer les résultats et conclure.

La suite après la finale?

La communication m'intéresse beaucoup et je veux partager mes expériences et transmettre mes connaissances. Je coache déjà mes étudiants avant leur présentation et vais m'investir encore plus.

En 180 signes, c'est quoi la minéralité du vin?

C'est une métaphore du mot terroir, aujourd'hui trop utilisé pour les produits agricoles, qui ajoute un champ minéral au vocabulaire animal («corps», «gras», «cuisse») des œnologues.

Interview par Daniel Saraga

■ **La carrière se joue très tôt**

Obtenir ou rater de justesse un premier financement après son doctorat influence fortement sa carrière de scientifique, selon une étude menée sur plus de 20 000 demandes de bourses néerlandaises. Elle a analysé les projets ayant obtenu des scores très proches du seuil pour l'octroi d'un financement. Dans les cas de succès, les chances d'obtenir ultérieurement un poste de professeur ont augmenté de 50% et les financements obtenus durant les huit années suivantes ont doublé, en comparaison avec les projets ayant été refusé in extremis. Au contraire, l'impact scientifique direct (nombre de publications et de citations) ne fait pas apparaître de différence marquée.

■ **Idée: auditer les scientifiques**

Soumettre des groupes de recherche à des audits aléatoires pourrait contrer la pression à publier toujours plus rapidement des articles peu fiables, selon une simulation qui a mis en compétition 100 laboratoires virtuels. La proportion de laboratoires succombant à cette spirale compétitive chuterait de 99% à 5% suite à un contrôle de 2% des articles publiés (suivi par l'élimination des laboratoires publiant des résultats erronés). Le coût des audits reviendrait à 170 dollars par article publié, soit environ 850 000 francs pour les quelque 5000 publications annuelles liées à des recherches financées par le FNS.

CITATION

«Il y a tant d'énergie, d'enthousiasme et d'argent dans toutes ces initiatives pour avoir davantage de filles en science. Aucune d'entre elles ne repose sur des preuves, et aucune ne marche.»

La physicienne Jess Wade, citée dans The Guardian. Elle a en revanche rédigé en un an 270 articles de Wikipedia sur des femmes scientifiques.

NEWS

■ **Pas chère, la Suisse**

L'ETH Zurich et l'EPFL offrent parmi les meilleurs rapport qualité/prix pour la formation, indique une analyse de Swissinfo. Elles proposent des moyennes de rankings universitaires remarquables (13 et 42, respectivement) pour des frais d'inscription modestes (environ 1200 dollars). Elles se placent derrière trois universités allemandes (LMU, TUM et Heidelberg) ainsi que la Rockefeller University, gratuite.

■ **Tolérance zéro envers le harcèlement**

Le Wellcome Trust exige dorénavant des institutions de recherche recevant ses financements qu'elles adoptent des pratiques claires pour gérer les problèmes de harcèlement professionnel. Dans le cas

contraire, le fonds britannique prévoit des sanctions pouvant aller jusqu'à leur exclusion.

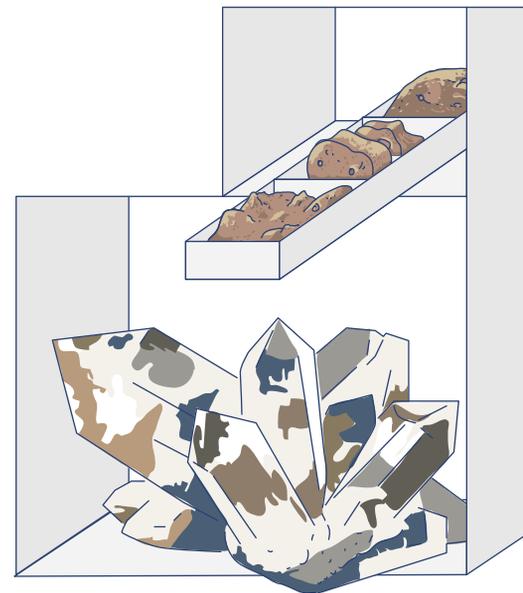
■ **Ethique: l'Europe serre la vis**

La Commission européenne veut s'assurer que les collaborations internationales ne servent pas à mener des recherches ailleurs qui auraient été refusées en Europe pour des raisons d'éthique. Un nouveau code de conduite s'appliquera à tous les projets financés par Horizon 2020. Il veillera au respect des normes d'expérimentation animale ainsi qu'à celles, moins médiatisées, voulant assurer des collaborations internationales respectueuses des scientifiques, participants et populations sur place.

Réveiller les trésors endormis

Les collections d'histoire naturelle de Suisse comprennent des dizaines de millions d'objets. Mais seul un cinquième est numérisé, ce qui en complique l'accès pour la recherche.

Texte: Simon Jäggi / Illustrations: 1kilo



Pépites d'or des Grisons, fossiles du Paléozoïque du Tessin, fleurs de l'Oberland zurichois: les collections d'histoire naturelle constituent des sources indispensables de connaissance sur notre environnement et son histoire. Elles racontent la propagation des espèces, l'origine de la biodiversité et l'influence de l'être humain sur la nature.

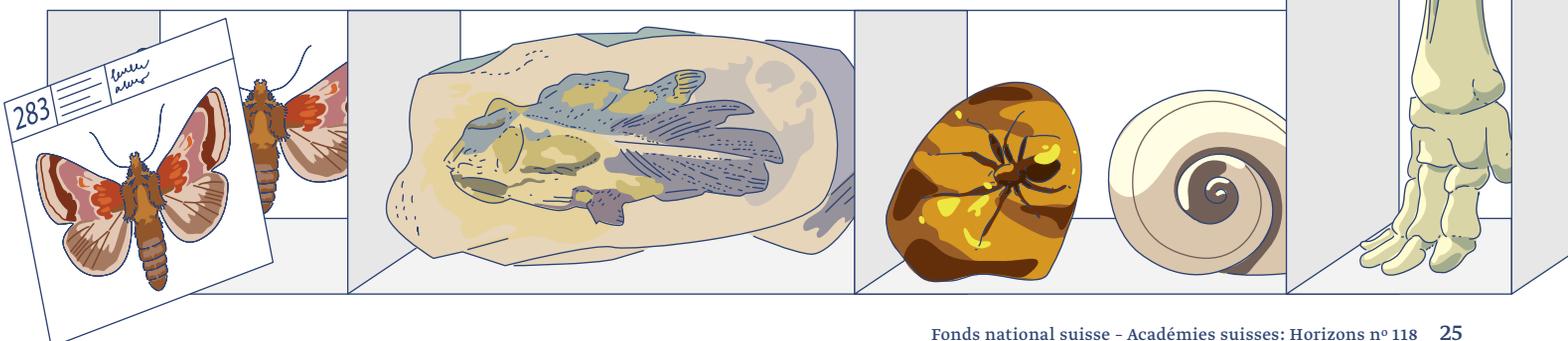
Les collections suisses comptent plus de 60 millions d'animaux, de plantes, de champignons, de pierres, d'os, de fossiles et d'échantillons de sols. Elles remontent loin dans le temps (certains objets datent de plus de cent millions d'années) et abritent de nombreux spécimens de référence d'espèces. Les objets accessibles au public ne constituent que la pointe d'un gigantesque iceberg: la plus grande partie repose loin des regards, dans les arrières-salles des musées, dans les universités et les jardins botaniques.

Coquille d'œufs

«Avec les problèmes environnementaux croissants, les collections deviennent de plus en plus importantes, indique Pia Stieger de l'Académie suisse des sciences naturelles, qui dirige la rédaction d'un rapport sur le sujet. Souvent, elles constituent les seules sources documentant les changements environnementaux sur plusieurs décennies et permettant d'en déduire des

scénarios pour le futur.» C'est par exemple grâce à des coquilles d'œufs conservées dans des collections d'histoire naturelle que l'on a pu mettre en évidence comment les pesticides agissent sur l'environnement. Chaque innovation technologique ouvre la voie à de nouvelles méthodes d'évaluation, tel le séquençage génétique ou l'imagerie offrant un aperçu de l'intérieur des minéraux et des végétaux.

Aujourd'hui déjà, les collections d'histoire naturelle jouent un rôle crucial dans la recherche sur le climat, la biodiversité, le sous-sol ou encore la lutte contre les nuisibles. Mais une grande partie de ce potentiel n'est pas exploitée, car seuls 17% des objets sont numérisés. La plupart des musées manquent de personnel qualifié pour s'occuper convenablement des collections en vue de leur classification et de leur numérisation. «Certaines institutions abritent des caisses pleines d'objets non triés parce que les ressources et les effectifs capables de classer les spécimens et de les étiqueter sont insuffisants, explique Pia Stieger. Nous avons besoin d'investissements pour transformer les collections actuelles en infrastructures de recherche vraiment efficaces.» L'Union européenne a déjà pris une longueur d'avance: elle vient de placer les collections d'histoire naturelle sur la liste des infrastructures de recherche prioritaires.

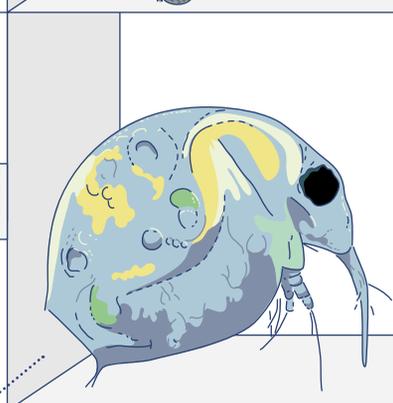
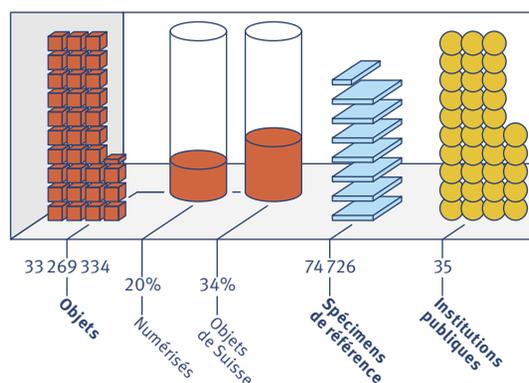


La nature en 60 millions d'objets

Des chiffres fiables décrivent enfin les collections suisses d'histoire naturelle. Elles s'avèrent plus fournies que prévu et comptent de nombreux spécimens de référence: des objets dont l'observation a permis la définition d'une nouvelle espèce ou roche. Morceaux choisis de ces trésors cachés essentiels pour maintes recherches.

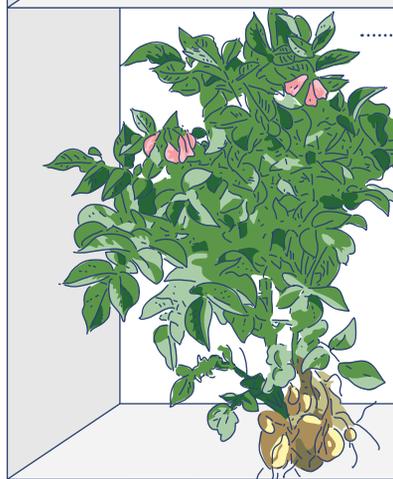
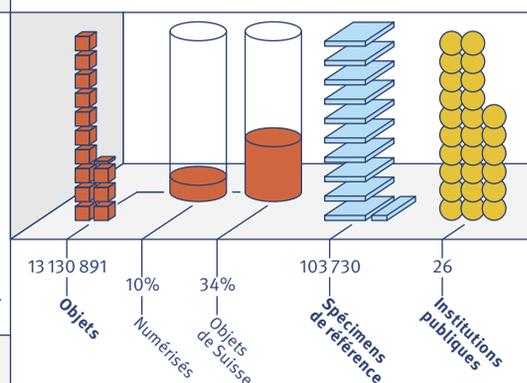
Zoologie

Animaux empaillés, conservés dans des bocaux ou épinglés, mais aussi des coquilles d'œufs et des trophées se retrouvent dans les collections zoologiques.



Botanique et mycologie

Plantes séchées, graines, fruits et champignons: les collections botaniques documentent les transformations de la nature et de l'agriculture.



Les rouages invisibles de nos rivières

Ils éliminent les débris végétaux et nourrissent les poissons: les amphipodes, de petits crustacés, jouent un rôle important dans les écosystèmes aquatiques. On ne connaissait pas grand-chose sur leur distribution, mais il y a quatre ans, l'Office fédéral de l'environnement et l'institut de recherche aquatique Eawag ont lancé une étude sur leur dissémination en Suisse. Les chercheurs ont analysé des échantillons issus de plus de 2500 tronçons de cours d'eau et étudié des spécimens conservés dans plusieurs musées. Une fois le projet terminé, les nouveaux indices seront conservés au Musée cantonal de zoologie à Lausanne. Cela permettra à l'avenir à d'autres scientifiques de retracer comment les communautés d'organismes ont évolué dans les cours d'eau.

L'histoire de la patate corrigée

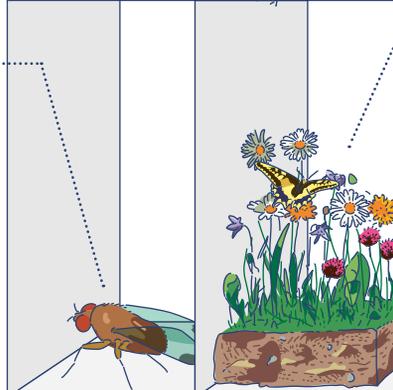
L'origine de la pomme de terre cultivée aujourd'hui en Europe fait l'objet de nombreux débats. Provient-elle des hauts plateaux andins ou des basses terres chiliennes? Afin de répondre à la question, des scientifiques ont analysé plus de 50 échantillons de feuilles conservées dans onze herbiers européens entre 1720 et 1910, dont ceux de Bâle, Genève et Zurich. Il en ressort que les premières sortes de pommes de terre introduites en Europe proviennent des Andes, mais que c'étaient des variétés chiliennes qui dominaient dans l'agriculture lors de la grande crise de la pomme de terre qui s'est abattue sur le nord-ouest de l'Europe dans les années 1840.

Notre amie la guêpe

Venue d'Asie du Sud-Est, la drosophile du cerisier mène la vie dure aux agriculteurs: elle se propage dans le pays depuis environ sept ans et infeste les fruits mûrs. Avec sa reproduction très rapide, elle peut anéantir des récoltes entières. Sur la base des collections du Musée d'histoire naturelle de Berne, des scientifiques de l'Agroscope ont identifié un ennemi naturel de la drosophile du cerisier: la guêpe *Vrestovia fidenas*. Une nouvelle aide potentielle dans la lutte contre ce ravageur.

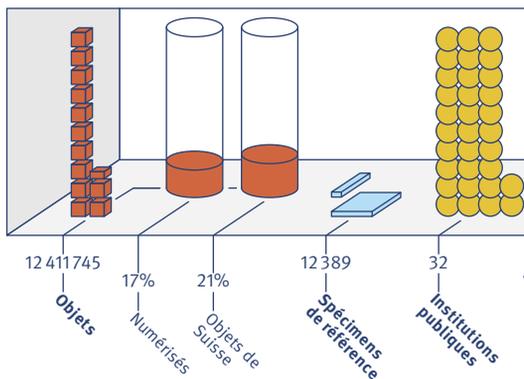
Des amateurs documentent la biodiversité

Recrutés par la Société botanique de Zurich, 150 bénévoles ont noté leurs observations à propos de quelque 100 000 plantes ainsi que numérisé et géoréférencé plus de 35 000 pièces de la collection de l'Université de Zurich et de l'ETH. L'objectif: retracer l'évolution de la flore locale au XXe siècle. Les analyses, encore en cours, montrent déjà la forte évolution de la flore: depuis 1900, environ 5% des espèces de fougères et des plantes à fleurs ont disparu, et 5% sont apparues, alors que la dissémination d'environ une espèce sur deux a fortement reculé.



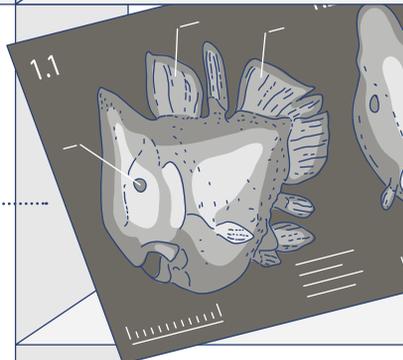
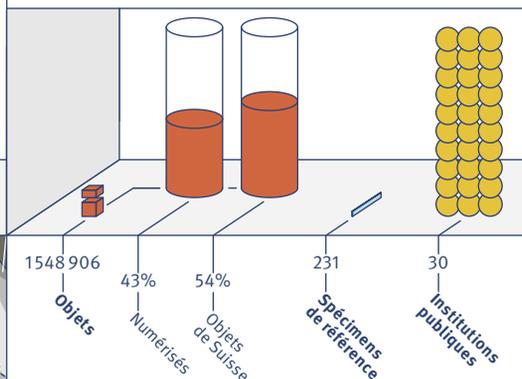
Paléontologie

Mammouths et dinosaures sont les attractions des collections paléontologique, mais n'en forment qu'une petite partie.



Géologie

Cristaux, pierres, météorites, échantillons de sols: les collections géologiques révèlent l'histoire de la Terre et d'autres planètes.

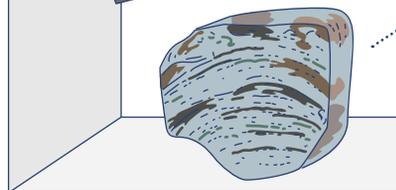


Nouveau poisson du Trias dans les Alpes

Des paléontologues ont trouvé dans les Grisons une nouvelle espèce de cœlacanthes, des poissons qui peuplent les mers depuis 400 millions d'années. Une imagerie par tomographie a montré qu'elle se distingue par une tête en forme de dôme, un corps court et une très petite bouche. Cela indiquerait qu'elle ne vivait pas dans les eaux profondes, comme leurs cousins contemporains, mais plutôt aux abords des côtes. Ce fossile âgé de 240 millions d'années remet en cause la théorie en vigueur jusqu'ici selon laquelle les cœlacanthes n'ont que peu changé au cours de millions d'années et pose de nouvelles questions sur l'apparition des vertébrés.

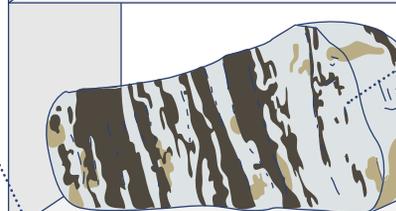
La génétique des arbres et des mammifères

Dans les sédiments des lacs du sud de la Suisse reposent des conifères vieux de plusieurs milliers d'années. Des scientifiques de l'Université de Lausanne ont analysé leur génome et montré comment la progression des premières sociétés agraires s'est répercutée sur les sapins blancs. Une équipe du Muséum d'histoire naturelle de Genève veut examiner avec la même méthode des os de mammifères comme le renne ou le bison des steppes conservés dans leur collection. L'analyse génétique doit expliquer comment les changements environnementaux ont impacté les grands mammifères.



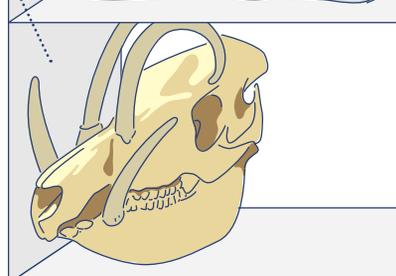
La vie sur Mars

Il y a vingt ans, des géologues du Musée d'histoire naturelle de Berne découvrent dans leur collection de roches des traces de microbes ayant vécu profondément au sein de minéraux dans des conditions extrêmes. A l'été 2020, une caméra gros plan s'envolera vers Mars dans le cadre de la mission ExoMars. Mis au point par une équipe du Space Exploration Institute à Neuchâtel, elle devra prendre sur Mars des images en très haute définition de minéraux, de sédiments et de carottes de forage. De quoi donner des indices sur une possible vie préalable sur la planète rouge.

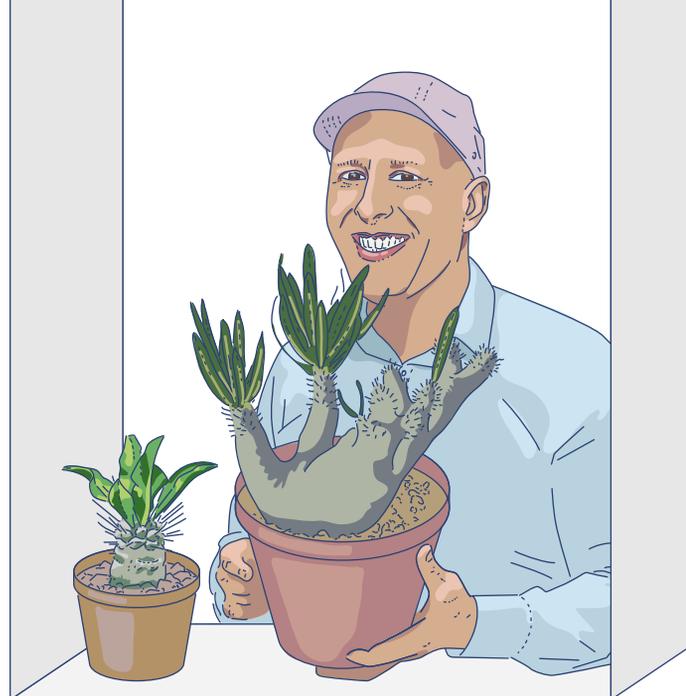


Sécuriser le tunnel

L'incendie du tunnel du Mont-Blanc en 1999 a fait perdre la vie à près de 40 personnes. Les températures avaient dépassé les 1000 degrés, faisant naître de grosses incertitudes sur la solidité du plafond du tunnel. Il était nécessaire de déterminer l'état de la roche dans le tronçon de l'incendie avant de pouvoir mener les travaux de dégagement et de déblaiement. Des experts ont consulté quelque 500 échantillons de roche prélevés lors du percement du tunnel et conservés au Musée cantonal de géologie à Lausanne. Ce dernier dispose d'une collection unique de près de 15 000 échantillons de roche du massif du Mont-Blanc.



«Il est difficile de juger aujourd'hui quels objets seront utiles demain»



Le fédéralisme freine la numérisation des collections, selon Reto Nyffeler, directeur du plus grand herbier du pays à l'Université de Zurich.

Propos recueillis par Simon Jäggi

Votre collection comprend trois millions d'objets. Comment gardez-vous une vue d'ensemble?

Nous maintenons un ordre méticuleux! Comme dans un fichier, les objets sont rangés alphabétiquement en fonction de leur classification par famille, ordre et espèce. Ce qui manque aujourd'hui, c'est la saisie numérique des objets de la collection, qui ouvriraient de nouveaux accès. Nous y travaillons.

Les collections d'histoire naturelle contribuent-elles encore à la recherche?

Une collection est comme une bibliothèque. Elle contient des organismes conservés accompagnés de données concernant le lieu de leur découverte et la date de leur collecte. Au niveau global, les collections d'histoire naturelle comptent environ trois milliards d'organismes conservés. Il s'agit d'un immense échantillonnage du monde vivant dans lequel on peut retrouver qu'est-ce qui a vécu, quand et où. De nouvelles questions scientifiques apparaissent constamment auxquelles ces bibliothèques peuvent apporter des réponses concrètes. La difficulté croissante à obtenir les autorisations pour des prélèvements dans la nature augmente aussi la demande pour le matériel des collections.

Plus de 60 millions d'objets se trouvent dans les collections suisses. Ne serait-il pas plus facile d'en avoir moins?

(Rires.) Oui, mais lesquels enlever? Ces objets ont été collectés pour des raisons spécifiques. Si l'on regarde dans le passé, la manière dont on a évalué leur importance a constamment évolué. Il est difficile de juger aujourd'hui quels objets seront utiles à la science demain.

Comment avance la numérisation de votre collection?

Nous numérisons environ 100 000 objets par an. Chaque pièce est photographiée en haute définition, reçoit un code-barres et rejoint une base de données. Nous travaillons avec des bénévoles de la Société botanique. A ce jour, un dixième de la collection a été numérisé.

«La numérisation des collections doit nettement progresser pour qu'elles puissent répondre aux questions actuelles.»

Ne pourrait-on pas trier les objets après la numérisation et n'en garder qu'une partie? Les informations se trouvent dans la base de données.

Le besoin d'avoir accès à l'objet matériel revient souvent. Les nouvelles technologies permettent des découvertes inédites. Et certaines informations ne sont disponibles que de manière matérielle, comme l'ADN et d'autres composants chimiques. C'est pourquoi il est important de conserver aussi les objets physiques.

Seuls 17% des objets des collections suisses sont accessibles électroniquement. Pourquoi?

Les instituts sont peu reliés les uns les autres. En France, par exemple, le gouvernement a mis d'importants fonds sur la table pour la numérisation de collections. En Suisse, les structures régionales ralentissent le processus. En contre-

partie, nous disposons de plus de marge de manœuvre pour mettre au point des projets de manière approfondie et apprendre des erreurs du passé.

La numérisation est-elle si importante?

Elle doit nettement progresser pour que les objets des collections puissent répondre aux questions de recherche actuelles. Mener des analyses sur de larges échantillons nécessite de numériser et géoréférencer la moitié ou les deux tiers des objets. Cela permettrait par exemple de se pencher sur la question de l'évolution de la composition de la flore ces dernières décennies et son influence sur le recul observé de la diversité des insectes.

«C'était de la politique sur le vif»

Que vient faire une docteure en archéologie classique au Parlement? Interview avec Daniela Ruppen, ancienne boursière «Politique et sciences», et aujourd'hui collaboratrice du Département fédéral des affaires étrangères. *Propos recueillis par This Rutishauser*



Son cœur bat quand même encore pour Ötzi: l'archéologue Daniela Ruppen travaille à l'interface entre la science et la politique. Photo: Valérie Chételat

Qu'est-ce qui vous a le plus impressionnée aux Chambres fédérales?

Le fonctionnement des commissions est passionnant, notamment les échanges entre les membres des commissions parlementaires et les conseillers fédéraux qui viennent, pour ainsi dire, «vendre leurs affaires». Je travaille aujourd'hui au Département fédéral des affaires étrangères (DFAE) et comprends bien mieux le travail et la dynamique nécessaires pour faire passer les arguments du gouvernement devant les Chambres.

Avez-vous eu des surprises?

Pour les grands sujets, les majorités se constituent avant les séances de commission. C'est différent avec les dossiers moins importants: j'ai pu voir comment elles se forment durant les pauses des réunions. C'était de la politique sur le vif! J'ai aussi été étonnée de constater comment les politiciens changent de rôle et se présentent différemment au gré de leurs fonctions.

«Je n'ai pas eu beaucoup de peine à passer de l'argot de la recherche au jargon politique.»

Qu'avez-vous retiré de cette expérience?

J'ai compris le travail concret du Parlement et le fonctionnement des commissions et de la politique. Cela m'a aidée à trouver mon poste actuel.

Comment avez-vous vécu la transition du monde académique aux arènes du pouvoir?

Je n'ai pas eu beaucoup de peine à passer de l'argot de la recherche au jargon politique. Durant mes études déjà, j'avais présenté à un large public mes recherches sur la perception de l'Antiquité au XVIIIe siècle à travers une exposition à la bibliothèque

universitaire de Bâle. Me fondre dans différentes époques, personnes et représentations, c'est quelque chose auquel je me confronte depuis des années.

Qu'est-ce qui vous a poussée à faire un doctorat en archéologie classique?

J'avais assisté comme écolière à une présentation de l'archéologie, et on a tous voulu faire ce métier! Cette fascination ne m'a jamais quittée. J'ai par la suite pris des leçons particulières de grec ancien, et j'ai fini par étudier à Bâle. Je suis reconnaissante envers mes parents de m'avoir toujours soutenue activement dans ce rêve.

Que vous apporte votre formation en sciences humaines?

De nombreuses connaissances techniques que j'ai acquises en archéologie m'ont marquée personnellement mais ne jouent pas aujourd'hui un très grand rôle dans mon travail quotidien. Cependant, grâce à ce cursus en sciences humaines, je suis capable d'assimiler une grande quantité d'informations, de lire, comprendre, classer et rédiger rapidement. J'ai de la facilité à analyser et synthétiser, ainsi qu'à adapter des textes pour un public spécifique.

Les fouilles archéologiques ne vous manquent-elles pas?

J'aime beaucoup mon travail actuel au DFAE. Mais lors de randonnées à ski, je vois les glaciers qui fondent et les marges proglaciaires qui augmentent: c'est dans un

endroit comme cela qu'Ötzi a été trouvé il y a quelques années. Ça fait battre mon cœur d'archéologue, et ce serait naturellement très excitant de participer à de nouvelles découvertes. Mais mon futur professionnel s'écrit toutefois en dehors de l'archéologie, à la frontière entre la politique et la science.

This Rutishauser est un journaliste scientifique indépendant basé près de Berne.

La relève entre science et politique

La Fondation Bourses politique et science permet à des diplômés universitaires de travailler au sein des secrétariats des commissions afin de faire une première expérience des fonctions et méthodes de travail de la politique helvétique. Depuis 2006, la fondation a attribué 37 bourses pour une durée de 12 à 15 mois. Mise en place par les Académies suisses des sciences avec le soutien de la Fondation Gerbert Rüf, elle est aujourd'hui financée par des contributions du Parlement et de diverses organisations de recherche.



Abus de pouvoir dans la tour d'ivoire

La forte dépendance des doctorants envers leur directeur ou directrice de thèse augmente les risques de mobbing. Pour les réduire, il faut des écoles doctorales, des comités de thèse et une séparation des responsabilités.

Par Michael Furger

Son doctorat à l'Institut d'astronomie de l'ETH Zurich aura été «l'épisode le plus sombre» de sa carrière, témoignait une ancienne étudiante à la «NZZ am Sonntag» en automne 2017. Sa directrice de thèse est soupçonnée d'avoir harcelé ses doctorants pendant plus de dix ans. Les personnes touchées font état d'insultes, de pressions à rester toujours disponibles et de réunions se prolongeant jusqu'au milieu de la nuit dans lesquelles les questions relationnelles prenaient le pas sur la recherche scientifique.

S'ensuivirent la fermeture de l'institution, le lancement d'une enquête et la suspension provisoire de la professeure. Depuis, d'autres cas de mobbing ont été rendus publics, et une enquête de l'association du corps intermédiaire de la haute école zurichoise a révélé qu'un doctorant sur quatre se dit victime d'abus de pouvoir.

Il est peu probable que l'ETH Zurich soit la seule institution du pays à connaître de tels problèmes. A mots couverts, des étudiants d'autres établissements évoquent des cas analogues. De quoi se demander si les hautes écoles helvétiques souffrent d'un problème de management au niveau professoral.

Professeurs puissants...

Les abus de pouvoir dans l'enseignement supérieur ne constituent certainement pas une nouveauté. Doctorants et doctorantes se trouvent dans un rapport de dépendance marqué à l'égard de leur superviseur de thèse. Mais cet héritage du modèle humboldtien de l'université comporte également des aspects positifs, estime Stefan Wolter, spécialiste en économie de la formation à l'Université de Berne et directeur du Centre suisse de coordination pour la recherche en éducation à Aarau: «Celui ou celle qui dirige un doctorat n'est pas seulement un supérieur mais, dans le meilleur des cas, une source d'inspiration et de soutien.» Il influence durablement la carrière académique des doctorants; ces derniers «sortent d'une écurie particulière», selon Stefan Wolter. La réputation des professeurs et leurs relations ouvrent des portes une fois la thèse achevée. Cette situation explique pourquoi les doctorants supportent des personnalités difficiles chez leur supérieur. «Ils savent souvent à l'avance à quoi s'attendre.»

Ce rapport de dépendance n'est toutefois pas spécifique aux universités. Stefan Wolter a observé des structures comparables dans les grandes banques où il a travaillé plusieurs années. «On se retrouve dans une coterie dans laquelle le chef exige l'obéissance.» Les collaborateurs se soumettent

parce que leur carrière en dépend, notamment lorsque leur supérieur obtient une promotion et choisit alors qui il prendra avec lui.

... rectorat hésitant

La direction d'une haute école hésite souvent à intervenir contre un enseignant abusif, notamment à cause de la compétition internationale. On sait bien qu'un brillant scientifique ne fait pas nécessairement un bon cadre, mais on ne veut pas perdre ces pointures, aussi difficiles soient-elles sur le plan humain.

En outre, toute intervention contre un professeur fragilise la direction d'une haute école, relativement faible en Suisse pour des raisons structurelles. Le corps professoral est puissant et se solidarise souvent avec le collègue concerné. L'Université de Zurich a connu un cas exemplaire il y a cinq ans. Suite à l'affaire Mörgeli, le recteur avait licencié une professeure qui jouissait de l'estime du collège. S'ensuivirent de telles protestations qu'il a finalement lui-même démissionné.

«Il faudrait séparer le financement, la supervision et l'évaluation des thèses.»

Caspar Hirschi

Les compétences de supervision ne jouent presque aucun rôle dans les nominations. C'est surprenant, car les universités font désormais évaluer les compétences pédagogiques des enseignants dans les moindres détails. Mais on n'a pas encore pensé à mesurer la qualité de l'encadrement de doctorants. Les hautes écoles ont préféré créer ces dernières années des instances de médiation où s'adresser en cas de problème. Toutefois, l'intervention de ces acteurs, pour autant qu'elle ait lieu, ne se fait qu'une fois l'abus commis.

Faut-il donc se résigner à accepter les abus et la mauvaise conduite? Impossible, répond Antonio Loprieno, ancien recteur de l'Université de Bâle et président des Académies suisses des sciences. Ne serait-ce que parce que les doctorants ont désormais une autre idée d'eux-mêmes: «Ce sont les enfants d'un monde globalisé qui n'acceptent plus si facilement une autorité paternaliste de la part de leur directeur de thèse.»

Les écoles doctorales qui, soit dit en passant, se développent en Suisse pourraient aider à rompre le rapport de dépendance: les candidats ne cherchent plus directement un directeur de thèse et préfèrent

postuler auprès de ces organes qui les mettent ensuite en relation avec les professeurs. Cependant, Caspar Hirschi, professeur d'histoire à l'Université de Saint-Gall, se dit encore sceptique: «En principe, elles pourraient représenter une solution contre les abus de pouvoir. Mais en réalité, cela ne marche pas en Suisse.»

Demi-mesures

Car l'introduction des écoles doctorales dans notre pays s'est faite sans démanteler les anciennes structures. Contrairement aux Etats-Unis ou en Allemagne, le programme doctoral n'assure pas automatiquement le financement pour la durée d'une thèse. Les doctorants doivent par conséquent travailler comme assistants auprès d'un ou d'une professeur, qui jugera le travail accompli en plus de superviser les travaux de recherche. Et en cas de publication figurera souvent comme co-auteur. L'ancienne relation de dépendance n'est pas touchée.

Pour Caspar Hirschi, il serait nécessaire de séparer le financement, la supervision et l'évaluation, et la mise sur pied de comités de thèse dans lesquels c'est une équipe de scientifiques qui encadre les doctorants. Ce système vient d'une culture universitaire américaine connaissant un management vertical assez dirigiste. Il permet d'éviter le problème de la «dictature des professeurs», selon Antonio Loprieno: «L'affaire de mobbing à l'ETH Zurich ne se serait pas produite avec des comités de thèse.»

«Ce modèle exige toutefois beaucoup de régulation et de gestion», prévient Caspar Hirschi. Elles sont nécessaires pour que les professeurs du comité se sentent vraiment responsables des doctorants. Cela fonctionne bien en Scandinavie, mais serait difficilement réalisable en Suisse pour des raisons culturelles, selon Caspar Hirschi. Il préfère le modèle britannique, plus léger, qui prévoit un superviseur et deux experts (un interne et un externe), et dans lequel les responsabilités sont claires.

De la patience sera nécessaire pour voir de tels systèmes se développer en Suisse, glisse Antonio Loprieno: on peut observer une phase de transition, mais des telles transformations prennent souvent beaucoup de temps dans le monde helvétique de la formation.

Michael Furger est journaliste à la NZZ am Sonntag.

Le possédé de la vision

Botond Roska veut comprendre le fonctionnement de l'œil. Il cultive des rétines artificielles, développe des thérapies géniques contre les maladies oculaires, fonde un institut pour redonner à l'ophtalmologie la capacité d'innovation – et se décrit comme un «possédé».

Par Simon Jäggi

C'est avec des superlatifs que ses collègues le décrivent: «époustouflant», «unique», «brillant»... Car Botond Roska s'est fait un nom avec ses recherches sur la rétine humaine. Ces derniers mois, le neurobiologiste de 48 ans et son équipe bâloise ont réussi à cultiver en éprouvette une rétine artificielle parfaitement opérationnelle. Un tournant dans le monde scientifique.

«Bonjour, je suis Botond», dit l'homme avenant qui m'accueille à l'entrée très surveillée du campus Novartis à Bâle. Nous longeons les bâtiments conçus par les stars de l'architecture mondiale pour nous rendre dans la partie arrière du périmètre.

Nouvel institut de recherche

C'est là que se sont installés provisoirement il y a quelques semaines les laboratoires de l'Institut d'ophtalmologie moléculaire et clinique de Bâle (IOB) fondé en décembre dernier par Botond Roska et Hendrik Scholl, médecin-chef de la clinique de l'œil à l'Hôpital universitaire de Bâle.

«Notre but est de conjuguer recherche fondamentale et médecine pour développer de nouvelles méthodes de traitement.» Botond Roska caressait l'idée d'un tel institut depuis des années. Il est financé par l'Université de Bâle, l'Hôpital universitaire et Novartis, à hauteur de 20 millions de francs annuels. Dix nouvelles chaires et plus d'une centaine d'emplois doivent être créés ces prochaines années.

Le grand intérêt suscité par les recherches de Botond Roska repose sur des raisons très concrètes. L'augmentation de l'espérance de vie va entraîner une forte croissance des maladies des yeux dans de nombreux pays. D'un autre côté, l'ophtalmologie n'a pas connu de véritables innovations ces dernières décennies. Botond Roska entend changer la situation et «contribuer à redonner la vue à des personnes aveugles». Comment? En menant des recherches de pointe qui conjuguent médecine, neurosciences, nanotechnologie et mathématiques.

Le chercheur natif de Hongrie a notamment identifié des types de cellules à l'origine de certaines affections, ce qui offre de nouvelles cibles pour des traitements basés sur la thérapie génique. Son équipe manipule des virus afin qu'ils transportent du matériel génétiquement modifié dans les cellules malades. Cette approche devrait à

l'avenir permettre de traiter une multitude de maladies, dont des dégénérescences de la rétine telles que les rétinites pigmentaires ou la maladie de Stargardt.

Installé devant son laptop, Botond Roska montre des images de la rétine cultivées dans son laboratoire. Des couleurs distinguent les différents types de cellules. Il y en a une centaine. «On peut voir les cellules comme de petits ordinateurs qui sont reliés entre eux pour former un supercalculateur, explique-t-il. La rétine est un processeur d'image qui peut être appréhendée de manière complète par les mathématiques. C'est d'ailleurs une langue dont j'aime la clarté et qui est à la base de ma manière de comprendre.»

Son intérêt pour les yeux s'est éveillé lors d'un souper en compagnie d'une connaissance de son père, raconte-il. Le fils d'une musicienne et d'un informaticien a grandi à Budapest. Passionné de musique, il étudie la violoncelle jusqu'à ce qu'une blessure à la main mette prématurément fin à sa carrière. Contraint de se réorienter, il entame des études de mathématiques et de médecine. Mais après son diplôme, il ne se sent pas prêt à travailler comme praticien: «J'en savais encore trop peu sur l'organisme humain.»

«Le matin, je réfléchis.
L'après-midi, je discute.»

Sa fascination pour la rétine l'amène à se tourner vers les neurosciences, en Californie puis à Boston. Il vient en Suisse en 2005 à l'Institut Friedrich Miescher, un centre de recherche privé situé à Bâle. Voilà cinq ans, il se fixe un objectif ambitieux: «Je me suis dit qu'au moins une de mes découvertes devrait faire progresser la médecine de manière importante.»

Botond Roska se décrit lui-même comme un possédé. «Quand je suis éveillé, je réfléchis.» Une grande partie de son temps est passée à voyager: il participe à des conférences une vingtaine de fois par année – il revient d'ailleurs de Barcelone, Paris, Honolulu, Boston et Stanford. Autant d'échanges avec d'autres chercheurs qui s'avèrent «indispensables» à ses recherches.

Sinon, ses journées sont rigoureusement structurées: «Le matin, je réfléchis. L'après-midi, je discute avec les gens.» Il

consacre au réveil une heure à des problèmes mathématiques, «pour entraîner mon cerveau». Ensuite, il s'assied à sa table et pense à ses recherches – la plupart du temps dans son appartement d'Oberwil, un peu en dehors de Bâle. A midi, il enfourche son vélo pour se rendre à l'institut. Il y rencontre son équipe ou d'autres chercheurs mais le plus souvent Hendrik Scholl. Les deux hommes communiquent tous les jours, également le week-end. «Nous sommes en échange permanent. C'est le seul moyen d'unifier les cultures différentes de la recherche en laboratoire et de la médecine hospitalière.»

Les loisirs n'ont guère de place dans sa vie. «C'est plus facile de réfléchir, sourit-il. Et je suis vite mal à l'aise lorsqu'il y a beaucoup de monde.» Il s'arrête parfois de travailler, mais uniquement le dimanche. Il joue alors du violoncelle, écoute du Bach et passe du temps avec sa famille.

Pour lui, Bâle représente le meilleur site de recherche au monde. On y trouve les moyens de financer des travaux de recherche, et il apprécie le calme de la ville et la modestie des gens. «Travaille, aime ce que tu fais et reste humble: pour moi, c'est le bon chemin pour réussir sa vie.» Mais la discussion doit s'arrêter: Botond Roska a rendez-vous avec un collègue. Il est bientôt 18 heures, et aujourd'hui encore, le scientifique passionné par la rétine n'est pas près d'arrêter de travailler.

Simon Jäggi est journaliste à Bâle.

Du violoncelle à la médecine

Né en 1969, Botond Roska a d'abord étudié le violoncelle, puis les mathématiques avant d'entreprendre des études de médecine à Budapest. Il fait une thèse en neurosciences à l'Université de Californie à Berkeley, puis un postdoc à la Harvard Medical School de Boston. Il revient en Europe comme responsable de groupe à l'Institut Friedrich Miescher de Bâle. Il fonde dans cette ville en 2017 l'Institut d'ophtalmologie moléculaire et clinique. Botond Roska vit avec sa femme et deux de ses trois enfants à Oberwil (BL).



Les chasseurs d'ADN

L'analyse génétique permet de dresser rapidement un tableau de la biodiversité. Et contribue ainsi à la protéger.

Par Atlant Bieri

En matière de protection de la nature, les chercheurs paient de leur personne. Pour dénicher un triton, ils pataugent dans des mares boueuses et se fauflent entre les plantes aquatiques. «Ce type d'espèce farouche est difficile à trouver», explique Benedikt Schmidt, expert du Centre suisse de coordination pour la protection des amphibiens et des reptiles. Et c'est en se basant sur les maigres observations de ces opérations de terrain que les spécialistes doivent tirer des conclusions sur la propagation ou la migration des animaux.

Mais des méthodes issues de la génétique moléculaire rendent ce travail plus facile et plus fiable, surtout pour les amphibiens. En effet, la peau des grenouilles et des tritons émet constamment des cellules et des sécrétions comprenant des fragments de génome qui se retrouvent dans l'eau. Si bien qu'un simple échantillon de liquide permet de déterminer quels amphibiens peuplent une mare ou un étang.

Identifier les grenouilles

Les applications possibles dépassent de loin le simple inventaire. La génétique au service de la protection de la nature permet par exemple de mieux surveiller la progression des espèces invasives, comme dans le cas de la grenouille verte d'Europe. En Suisse, de nombreuses populations de

cet amphibien ne sont plus génétiquement pures, mais se composent d'hybrides entre des espèces locales et importées. Parfois même, on ne trouve plus que des individus importés dans un plan d'eau, mais ceux-ci ressemblent tellement aux individus locaux qu'il est impossible de les distinguer à l'œil nu.

Un simple échantillon d'eau permet de déterminer quels amphibiens peuplent un étang.

«Les recherches d'ADN environnemental montrent que seul un tiers des plans d'eau suisses sont habités uniquement par des populations autochtones, souligne Benedikt Schmidt, également chercheur à l'Université de Zurich. Nous étions au courant de cette migration silencieuse depuis longtemps, mais son ampleur nous échappait.» Désormais, les autorités peuvent cibler leurs mesures de protection sur les espèces locales plutôt que de soutenir involontairement la progression d'espèces invasives.

La génétique rend également possible une évaluation plus fiable de l'importance des déplacements à l'intérieur d'un biotope. «Pour protéger les espèces, il est très

important de savoir à quel point les différentes populations sont reliées les unes aux autres», pointe Janine Bolliger, écologiste du paysage à l'Institut fédéral de recherches sur la forêt, la neige et le paysage (WSL). Plus les individus se rencontrent, plus leurs gènes sont mélangés. «Les petites populations fragmentées sont menacées par la consanguinité et un appauvrissement génétique pouvant mener jusqu'à l'extinction.»

Triton des villes, tritons des champs

Comprendre les interconnexions nécessite toutefois davantage qu'un échantillon d'eau, prévient Rolf Holderegger, spécialiste de la biodiversité au WSL. «Nous réalisons de plus un frottis de la muqueuse buccale d'une grenouille, sur lequel nous analysons entre 10 et 15 séquences d'ADN.»

Ces recherches révèlent pour la première fois l'ampleur des échanges entre populations. «Nous pouvons identifier qui a migré où», explique Janine Bolliger. Les tritons et les grenouilles se reproduisent lors de leurs déplacements, laissant une sorte de trace de mucus qui s'étire à travers le paysage. Cela permet notamment d'étudier si les routes constituent des obstacles insurmontables ou diminuent les chances de survie des populations d'amphibiens.

Lors d'une étude réalisée dans une centaine de mares des environs d'Aarau,

Prélevé sur sa muqueuse buccale, l'ADN de ce triton alpestre a montré qu'il traverse les routes sans grands problèmes.

Photo: S. Brodbeck/WSL



Janine Bolliger et ses collègues ont fait des frottis sur 2000 tritons alpestres. Étonnamment, les analyses génétiques ont fourni des résultats rassurants. «Même si les animaux vivant en ville se sont révélés clairement différents sur le plan génétique de ceux vivant en dehors de la ville, il existe des passages fluides entre les deux populations», détaille Janine Bolliger. Cela signifie que les tritons alpestres se déplacent avec succès d'un côté à l'autre de l'autoroute, probablement à travers des trous ou des passages souterrains.

Un kit pour vaincre les réticences

Malgré les nouvelles possibilités, bon nombre de bureaux d'étude et d'autorités cantonales de protection de la nature se sont montrés jusqu'ici plutôt frileux face aux techniques génétiques, soit parce que les procédures n'étaient pas encore prêtes pour un usage en série, soit parce que les collaborateurs n'étaient pas familiers avec la génétique. Des réticences que

veut vaincre Robert Meier, de la société de conseil Arnal à Herisau (AR). Il a développé avec la Confédération et des cantons un kit pour mener des prélèvements génétiques, même par des débutants. Les analyses et l'évaluation ont ensuite lieu dans un laboratoire spécialisé.

Entre 50 et 100 kits seront vendus cette année. Une analyse coûte environ 250 francs, ce qui porte à moins de 800 francs le coût pour un étang typique. «On atteint rapidement les mêmes montants pour la main-d'œuvre nécessaire si l'on veut évaluer la biodiversité seulement avec le travail de terrain», indique Robert Meier.

À l'heure actuelle, la génétique n'est pas près de remplacer les recherches traditionnelles. Rolf Holderegger du WSL la considère plutôt comme un complément: sur le terrain, un biologiste regarde aussi l'état général d'un plan d'eau ou les changements environnementaux susceptibles d'exercer une influence sur la biodiversité. Les espèces vivant dans les arbres et les

buissons, telle la rainette, passent par ailleurs à travers les mailles du filet des chasseurs d'ADN. «Dans ce cas, un échantillon d'eau n'apporte pas grand-chose», dit Rolf Holderegger.

Atlant Bieri est un journaliste libre indépendant basé à Pfäffikon (ZH).

Un code-barres pour l'ADN

Pour déterminer les espèces, les généticiens de la protection de la nature recherchent des séquences précises dans les fragments d'ADN. Celles-ci sont présentes dans l'ADN de chaque espèce, mais se différencient à certains endroits spécifiques. Comparable aux codes-barres des produits vendus dans le commerce, le «code-barres génétique» permet d'identifier une espèce de manière fiable et rapide.

De nouvelles armes contre la sécheresse

La manque d'eau n'a pas le même impact sur différentes cultures agricoles. Des nouveaux modèles prennent en compte les pratiques agronomiques pour aider à choisir les bonnes semences au bon moment.

Par Florian Fisch

Moins de neige en hiver, de plus longues sécheresses en été. L'eau se raréfie, ce qui n'augure rien de bon pour l'agriculture. En juillet 2018, la Thurgovie a par exemple interdit le pompage de l'eau dans les ruisseaux, les rivières et les étangs. De leur côté, l'Office fédéral de l'environnement (OFEV) et les cantons ont lancé plusieurs projets pilotes pour coordonner l'utilisation de l'eau et aider la filière agricole à s'adapter aux nouvelles conditions climatiques. Ils développent des cartes sur les régions à risque et des prévisions météorologiques à dix jours pour optimiser l'irrigation.

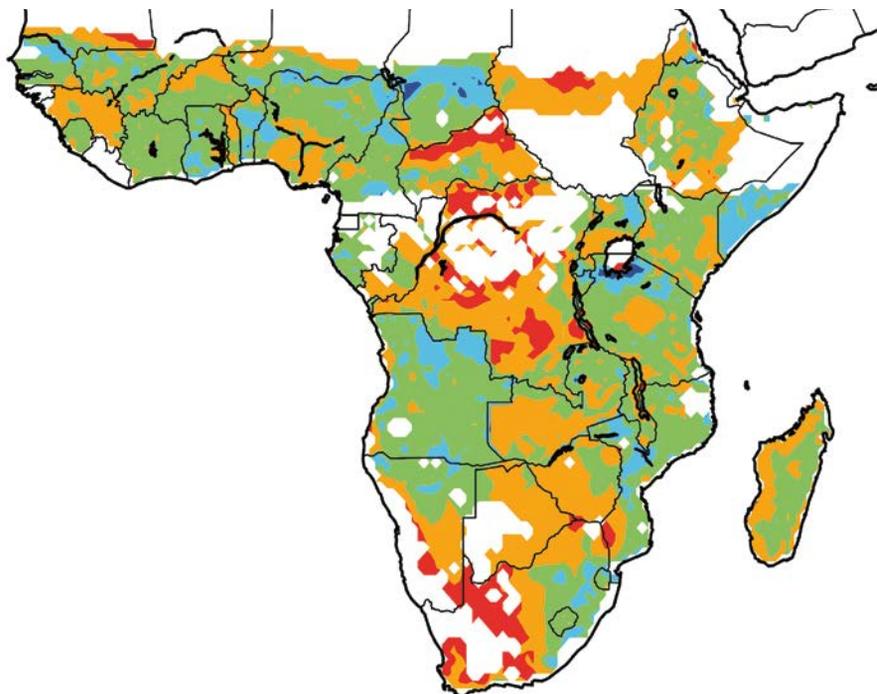
La situation est en Afrique encore plus difficile. «Elle va probablement empirer dans presque tous les pays du continent en raison du changement climatique et de l'intensification attendue des phénomènes météorologiques extrêmes», dit Hong Yang, de l'institut fédéral de recherche sur l'eau Eawag à Dübendorf. La chercheuse a développé un modèle qui établit un lien entre les risques de sécheresse dans une région et la vulnérabilité des cultures pratiquées.

«Ce travail est théorique et compliqué. Mais il est utile.»

Hong Yang

Elle a choisi d'examiner le cas du maïs, très répandu en Afrique. Le modèle intègre une grande variété de données, notamment sur les pratiques agricoles, comme le moment des semis et de la récolte ou encore l'utilisation d'engrais. S'y ajoutent des données géographiques telles que l'ensoleillement et la pente ainsi que la nature du sol et la météo quotidienne. Les informations proviennent de l'Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO) et de l'Organisation météorologique mondiale (OMM).

Les scientifiques ont ainsi divisé l'ensemble de l'Afrique subsaharienne en petites parcelles d'environ 50 kilomètres



Les récoltes de maïs sont particulièrement en danger dans les zones rouges: à cause de la sécheresse au Sahel et au sud du continent, et du fait de la chaleur au centre. Image: Bahareh Kamali/Eawag

carrés et identifié celles où les récoltes étaient les plus menacées et pourquoi. Ainsi, le Sahel et le sud du continent ont tendance à souffrir d'un manque de pluie, alors qu'en Afrique centrale le problème vient plutôt des températures élevées qui provoquent une trop forte transpiration végétale.

«Ce travail est théorique et compliqué, reconnaît Hong Yang, mais il est utile. Nous voulons développer une manière cohérente de mesurer l'impact de la sécheresse sur les cultures. Il y a beaucoup de discussions sur cette question mais peu d'études sur la manière de le quantifier.»

Planifier globalement

Les résultats de ce modèle profiteront-ils vraiment à quelqu'un? Clairement oui, répond Chinwe Ifejika Speranza, professeure de géographie à l'Université de Berne. Toutefois, ce ne sera «pas au niveau local, mais pour la planification nationale. Les exploitations particulières auraient besoin d'informations plus détaillées et adaptées à leur situation individuelle». D'ailleurs, dans les pays en développement, les conditions économiques et sociales des paysans constituent le facteur déterminant. «Même s'ils sont mis en garde assez tôt, ils ne changeront peut-être pas la date des semis parce qu'ils n'auront pas confiance en ces informations ou parce qu'ils n'auront pas les moyens d'acheter les semences adéquates.»

Pour que les agriculteurs intègrent ces nouvelles connaissances dans leur quotidien, il faudrait non seulement qu'ils puissent échanger avec des chercheurs et des conseillers agricoles locaux sur les questions pratiques, mais aussi avec les théoriciens à l'origine des simulations. C'est pourquoi Pierluigi Calanca, du centre de recherche agricole Agroscope, juge le travail de Hong Yang intéressant. Le lien établi entre le risque de sécheresse et la vulnérabilité des cultures «permet de discuter avec les groupes visés parce qu'il est possible de distinguer entre l'influence du climat et celle de l'exploitation sur la vulnérabilité de la production».

Et cela fonctionne aussi en Suisse. Pierluigi Calanca a participé à plusieurs projets pilotes de l'OFEV. Pour lui, les services de vulgarisation agricole - cantonaux ou privés - représentent le cadre adéquat pour établir des échanges entre les chercheurs, les conseillers et les agriculteurs. «Finalement, les contacts personnels sont indispensables.»

Florian Fisch est rédacteur scientifique au FNS.

B. Kamali et al.: Spatial assessment of maize physical drought vulnerability in sub-Saharan Africa: Linking drought exposure with crop failure. Environmental Research Letters (2018)



Consommer de la caféine pour se réveiller? Cela ne marche pas forcément.

Le café ne stimule plus lorsqu'on en boit tout le temps

Les effets stimulants d'une dose unique de caféine sont bien étudiés. Mais qu'en est-il en cas de consommation régulière? Une étude du Centre de chronobiologie de l'Université de Bâle suggère que le coup de fouet provoqué par la substance psychoactive ne se manifeste plus.

L'étude a été réalisée avec vingt hommes en bonne santé et amateurs de café qui consomment quotidiennement 470 milligrammes de caféine en moyenne, soit environ cinq tasses. Chaque participant a reçu trois boîtes contenant chacune des pilules pour onze jours. La première contenait de la caféine, la deuxième un placebo. La troisième simulait un sevrage de deux jours: les pilules des neuf premiers jours contenaient de la caféine, suivies par un placebo pour les deux derniers. Les participants se sont rendus dans le laboratoire du sommeil après avoir pris chacune des boîtes, sans en connaître le contenu.

Point intéressant: l'analyse n'a pas montré de différence lorsque les participants avaient reçu uniquement de la caféine ou du placebo. Cela indique qu'une tolérance se développe lorsque le stimulant est consommé de manière continue. «Nous avons été étonnés que le corps s'adapte de manière aussi forte», indique Carolin Reichert, directrice de l'étude.

L'action de la caféine s'est tout de même manifestée: les participants qui étaient en sevrage depuis deux jours se sentaient, après une sieste d'une heure, plus somnolents et se montraient moins attentifs que pendant les périodes où ils avaient pris uniquement les doses de caféine ou de placebo. Cela indique que le sevrage de caféine a bien un effet à court terme. Et que le coup de fouet du café ne fonctionne pas lorsqu'on en boit tout le temps.

Ori Schipper

J. Weibel et al.: 0180 Influence of Long-Term Caffeine Consumption and Its Withdrawal on Subjective Sleepiness, Vigilance, and Melatonin. Sleep (2018)

Des tourbillons sanguins révèlent une aorte malade

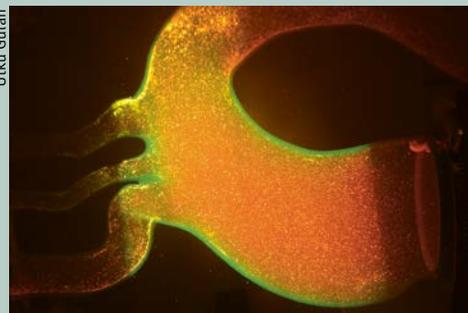
À partir de quand un anévrisme est-il menaçant et doit être opéré? Ces dilatations de la paroi des artères présentent un danger aigu en cas de fissure ou de rupture, avec des risques particulièrement importants lorsque la poche se trouve sur l'aorte ascendante, la plus proche du cœur. Cependant, opérer ce type d'anévrisme peut aussi entraîner des graves complications. De meilleures prédictions en la matière seraient de nature à sauver des vies.

Markus Holzner, professeur de mécanique des fluides de l'environnement à l'ETH Zurich, a recherché les paramètres qui permettent de prédire au cas par cas le degré d'urgence d'une opération. Son équipe a notamment examiné le flux sanguin. Pour ces analyses, elle a utilisé un récipient en silicone correspondant jusque dans les moindres détails à un anévrisme de l'aorte ascendante d'un vrai patient. Des simulations par ordinateur n'auraient-elles pas été plus faciles? «Théoriquement oui, répond Markus Holzner. Mais comme le flux sanguin est sujet à des pulsations, l'aorte change constamment de géométrie. Appréhender ces modifications par des calculs demande un travail très important.»

Les chercheurs ont découvert que le sang forme d'importantes turbulences et des tourbillons dans la partie de l'aorte déformée par la maladie. Ils ont aussi constaté une chute de la pression sanguine et une perte d'énergie cinétique. «Dans de prochaines études, nous voulons clarifier si un ou tous les paramètres donnent des indices fiables sur la dangerosité des anévrismes de l'aorte», explique Markus Holzner. Car ils peuvent se mesurer par imagerie IRM et se révéler ainsi être d'une utilité considérable pour le diagnostic.

Nicola von Lutterotti

U. Gülan et al.: Blood flow patterns and pressure loss in the ascending aorta: a comparative study on physiological and aneurysmal conditions. Journal of Biomechanics (2018)



Ce modèle en silicone d'un vaisseau sanguin simule une déformation de l'aorte: un anévrisme.



La puce a commencé à transmettre la peste déjà à l'âge du bronze.

L'histoire de la peste revisitée

À la fin du XIVe siècle, un tiers de la population européenne succombait à la peste. Jusqu'à présent, on supposait que son bacille, *Yersinia pestis*, avait acquis l'aptitude à se transmettre des puces à l'homme il y a quelque 2800 ans. Une étude internationale repousse cette date de mille ans.

Une équipe d'un institut Max Planck à Iéna (Allemagne) a examiné des échantillons prélevés sur deux squelettes de l'âge du bronze trouvés dans une même tombe découverte dans la région de Samara en Russie. Les deux morts étaient tous deux porteurs du bacille de la peste bubonique. Elle a reconstitué le génome de l'agent infectieux et découvert un fragment d'ADN qui permet sa transmission des puces aux humains.

La présence de ces bactéries à cette époque était déjà connue, mais l'on supposait qu'elles ne pouvaient alors pas encore être transmises par les puces. «Nous avons comparé le génome reconstitué avec des échantillons déjà disponibles afin de le situer dans l'arbre phylogénétique», explique la mathématicienne Denise Kühnert, qui a participé à l'étude alors qu'elle était à l'Université de Zurich. La mutation découverte dans l'ADN des bactéries de Samara a donné à cet agent pathogène virulent un avantage sur les formes qui n'étaient pas susceptibles d'être transmises par des puces à des mammifères. Et conduit ainsi à des épidémies dévastatrices. Alexandra Böhm

M. A. Spyrou et al.: Analysis of 3800-year-old *Yersinia pestis* genomes suggests Bronze Age origin for bubonic plague. Nature Communications (2018)

L'ethnologue en blouse blanche

Pendant un an, Marie-Cécile Frieden a observé des services gynécologiques au Burkina Faso. La chercheuse veut comprendre comment le corps médical, les patientes et les proches vivent la prise en charge d'une maladie très fréquente: le cancer du col de l'utérus.

«Tous les matins, je quittais mon quartier modeste de Ouagadougou et ses fréquentes coupures d'eau et d'électricité. Je montais sur ma moto pour près d'une heure de trajet dans un trafic parfois chaotique. A mon arrivée à l'hôpital, j'étais toujours frappée par les odeurs d'urine et de mort. Il fallait être solide. Je côtoyais quotidiennement des personnes qui souffraient et qu'on ne pouvait que peu soulager. Le cancer tue en Afrique davantage que le Sida, la tuberculose et le paludisme réunis, mais le Burkina Faso ne comptait en 2015 que quatre oncologues pour ses 18 millions d'habitants.

Des solutions improvisées

Ma thèse en ethnologie porte sur le cancer du col de l'utérus. Je cherche notamment à comprendre comment les protocoles officiels de prise en charge de la maladie issus d'institutions nationales ou internationales se traduisent concrètement sur le terrain. Je me suis principalement concentrée sur le Centre hospitalier universitaire de Ouagadougou. J'étais assimilée au personnel soignant du service gynécologique et portais une blouse blanche. N'ayant aucune formation médicale, je rendais de petits services. Cela m'a permis de justifier ma présence dans cet environnement. Au total, j'ai assisté à plus de 400 consultations, observé les soins et mené de nombreux entretiens auprès des patients et du personnel.

J'ai constaté que les équipes médicales se montrent en général très réceptives aux injonctions officielles et aux nouvelles techniques. Mais elles sont confrontées à de grandes difficultés en termes de formation et de moyens à disposition, ce qui peut donner lieu à du «bricolage».

Par exemple, les lésions précancéreuses prélevées lors de dépistages doivent être envoyées au laboratoire dans un récipient médical spécifique à usage unique. Comme c'est aux patientes de l'acheter et qu'elles n'en ont généralement pas les moyens, le personnel réutilise des flacons de médicament à injecter. Ils les referment et les placent dans un



gant en latex pour créer des conditions aussi stériles que possible.

De leur côté, les patientes manifestent souvent de l'incompréhension face au cancer du col de l'utérus, pour elles une maladie méconnue. Dans 80% des cas, elles sont dépistées à un stade avancé du cancer, et il n'y a plus grand-chose à faire pour elles. Les médecins leur expliquent rarement la gravité de leur cas, mais en parlent à la personne qui les accompagne et lui laissent le choix de transmettre l'information ou non. Officiellement, ils craignent que la patiente renonce à se battre si elle se sait condamnée. Mais dans les faits, il n'y a souvent aucun traitement disponible.

Se forger une carapace

Le milieu médical africain a fait l'objet de plusieurs études dans les années 1990-2000, qui pointaient du doigt le personnel soignant pour des maltraitances envers les patients. J'ai eu l'occasion de constater que des comportements dénigrants sont une réalité, tant au niveau verbal que physique, mais qu'il s'agit surtout d'une forme d'autoprotection. Les équipes médicales vivent comme une forme de violence le fait de ne pouvoir soigner les patientes, par manque de moyens et de possibilités de dépistage précoce. Contre ces sentiments de frustration et de lassitude, ils se forgent une carapace.

Moi-même, j'ai parfois emprunté avec les patientes le ton autoritaire des équipes médicales. J'ai un peu honte quand j'y repense, mais il s'agissait en même temps d'une manière de trouver une place dans ce milieu, de me faire comprendre et accepter, à la fois comme personne et comme scientifique.

J'ai dû également admettre que je ne pouvais pas toujours être maître de mon environnement. Au contraire, c'est lui qui m'a placée dans ce grand puzzle. A l'origine, je pensais que cette recherche me donnerait un rôle de porte-parole pour ces patientes peu ou pas du tout prises en charge. Au final, je le suis plutôt devenue pour le personnel soignant. Une fois ma thèse terminée, je souhaiterais transmettre mes résultats aux médecins que j'ai côtoyés, aux institutions officielles et à diverses associations. J'espère ainsi favoriser une prise de conscience de la situation et encourager une réflexion sur quelques pratiques susceptibles d'être améliorées - malgré les contraintes du milieu.»

Propos recueillis par Martine Brocard





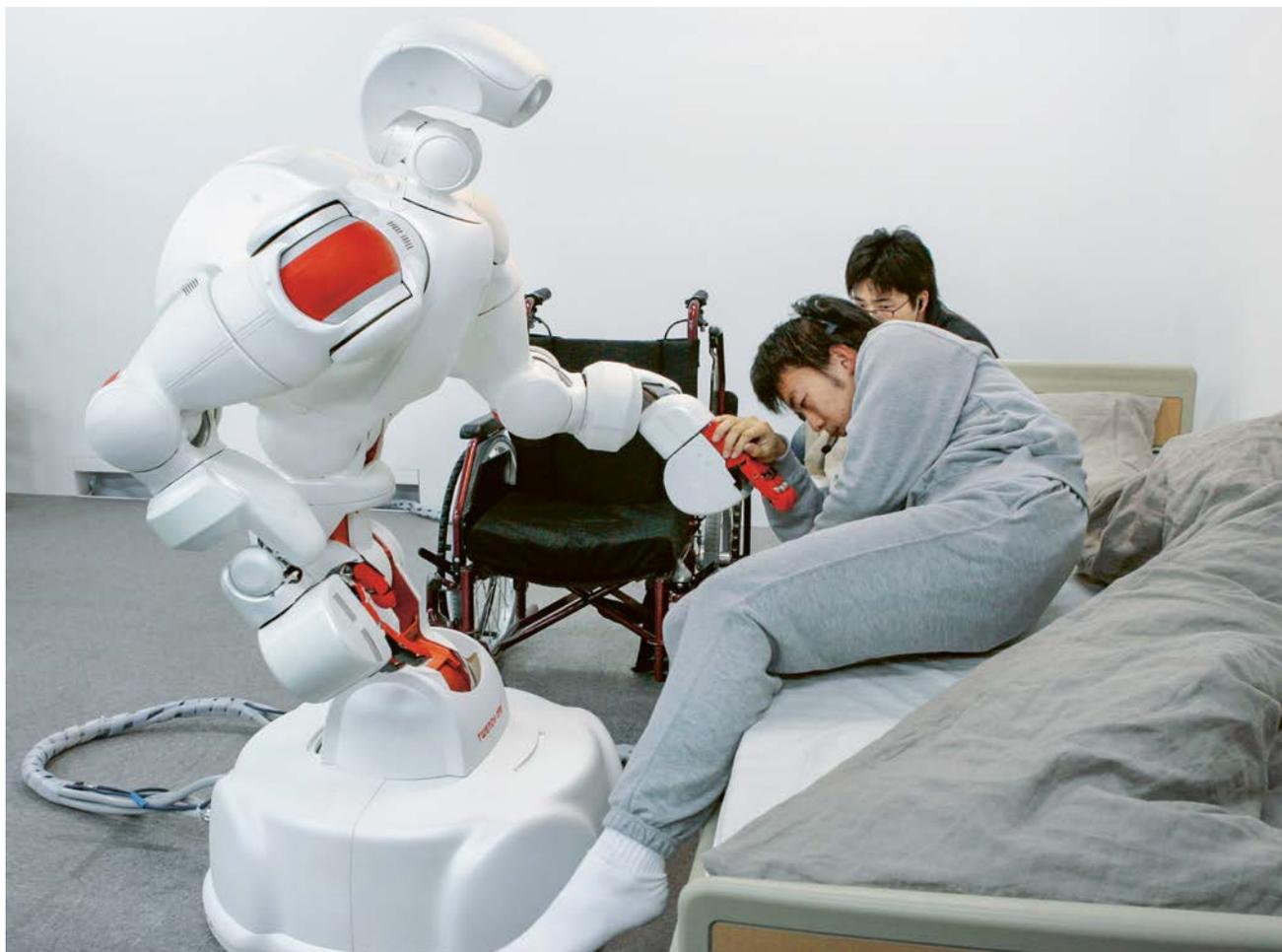
Trois ans en Afrique

Marie-Cécile Frieden mène un doctorat en ethnologie à l'Université de Neuchâtel. Entre sa licence et sa thèse, cette passionnée d'Afrique de l'Ouest a vécu trois ans au Burkina Faso. Elle y a mené des recherches sur la thématique des femmes et du virus VIH, et travaillé pour une OGM active dans la promotion de la santé par les plantes médicinales.



Salle de consultation gynécologique (en haut) au Centre hospitalier universitaire de Ouagadougou (à droite). Le personnel se dit frustré de n'être souvent pas en mesure de soigner les malades par manque de moyens.

Photos: Marie-Cécile Frieden



Développé à l'Université Wasada près de Tokyo, le robot Twendy-One, 111 kilos, aide un étudiant à monter dans une chaise roulante. Il s'agit ici d'une simple démonstration. Mais qui serait coupable en cas d'accident? Photo: Keystone/AP Photo/Koji Sasahara

Les robots face aux juges

Qui doit assumer la responsabilité si une intelligence artificielle devait provoquer un accident? Les juristes anticipent l'autonomisation croissante de l'intelligence artificielle et débattent d'une question étonnante: comment punir une machine?

Par Claudia Hoffmann

«La plupart des gens trouvent absurde de punir un robot.»

Nora Markwalder

Des machines travaillent à côté d'humains dans les usines, prennent soin de personnes âgées dans des homes et arrachent les mauvaises herbes pour les agriculteurs: l'intelligence artificielle interagit toujours davantage en contact direct avec des êtres humains et de manière plus autonome, avec un risque croissant d'accident. Plusieurs personnes ont perdu la vie dans des accidents impliquant des voitures autonomes, alors qu'un robot a écrasé un ouvrier dans une usine Volkswagen en Allemagne en 2015.

«Ce n'est qu'un début», dit Nora Markwalder, professeure assistante à la faculté de droit de l'Université de Saint-Gall et spécialiste du droit pénal et des nouvelles technologies. La situation soulève déjà des questions juridiques aussi importantes que délicates: qui faut-il tenir pour responsable si un robot soigneur laisse tomber une personne âgée, si un robot policier frappe violemment un passant ou si un chatbot appelle au meurtre?

«La question de la responsabilité n'est pour l'instant pas clarifiée», répond Nora Markwalder, qui a examiné la responsabilité juridique des automates et de l'intelligence artificielle avec la juriste Monika Simmler. «La plupart des gens considèrent comme absurde l'idée de punir un robot.» Une telle mesure serait d'ailleurs encore impossible actuellement, car les machines intelligentes ont un statut d'objet et, en tant que tel, ne possèdent pas la capacité pénale en droit suisse. L'intelligence artificielle n'a en outre pas atteint un niveau de développement suffisant pour prendre des décisions librement et ainsi être considérée comme responsable de ses actes. «Mais si elle devait à l'avenir en être capable, il serait parfaitement sensé de la traduire en justice», estime Nora Markwalder. Pas tant dans l'espoir que la machine ne s'amende, mais plutôt pour confirmer les normes en vigueur, en transmettant le message que personne ne saurait tuer impunément, pas même un robot, poursuit la professeure.

Condamné à la ferraille

Les deux expertes se sont penchées sur le type de peines envisageables. Elles devraient, d'une manière ou d'une autre, «faire mal» à la machine. «Cela ne peut bien entendu pas être la même chose que pour des humains», dit Nora Markwalder. Plutôt que d'emprisonner un robot, on pourrait

par exemple réduire sa puissance de calcul. Ou l'envoyer à la ferraille, l'équivalent de la peine de mort. «Tout cela relève encore de la science-fiction», reconnaît la chercheuse. Mais elle est d'avis qu'il est important d'aborder suffisamment tôt des problèmes qui finiront un jour par se poser.

Trop compliqué pour la justice

«Il y a des questions plus urgentes, comme celles liées aux véhicules autonomes et aux robots industriels, notamment au sujet de la protection des données et de la responsabilité», remarque Sabine Gless, qui étudie la problématique des données générées par les voitures sans chauffeur dans le cadre du Programme national de recherche Big Data. Pour la professeure de droit à l'Université de Bâle, il est clair qu'on demande aujourd'hui des comptes aux humains et non aux machines en cas d'accident impliquant un système autonome: le programmeur qui aurait par négligence développé un algorithme déficient, l'employé dans la production qui n'a pas fait attention à un défaut de matériel ou l'utilisateur qui a utilisé la machine de manière inadéquate. Mais la tâche du tribunal - examiner au cas par cas si quelqu'un a commis une erreur - devient plus difficile à mesure que les systèmes se complexifient. «Aujourd'hui déjà, un examen approfondi ne permet plus toujours de déterminer la faute», souligne Sabine Gless. Il peut donc arriver qu'on ne parvienne pas à identifier le coupable et que personne ne soit condamné.

Un constat que partage la juriste Monika Simmler, qui mène actuellement une étude à l'Université de Saint-Gall pour connaître l'avis de la société sur ces questions. Des participants sans connaissances juridiques particulières doivent définir dans plusieurs situations le responsable: la personne, le système autonome ou les deux. Un exemple: un train qui déraillerait parce que le mécanicien a enclenché un système de pilotage automatique comprenant cinq degrés d'autonomie croissante. Monika Simmler s'attend à ce que les participants se montrent plus cléments envers l'humain si le système est fortement intervenu.

Susanne Beck, professeure de droit pénal à l'Université de Hanovre, voit les choses différemment. Pour elle, il n'est pas forcément problématique que personne ne soit condamné après un accident impliquant un véhicule autonome: cela est déjà

le cas pour d'autres technologies considérées comme suffisamment utiles par la société pour qu'elle en accepte les risques, telles les centrales nucléaires. Avant de se demander de quelle manière punir les robots, la société devrait d'abord engager un débat pour savoir si et où elle veut recourir à l'intelligence artificielle. «Et si l'on décide de le faire, il faut accepter que quelque chose puisse mal tourner.»

Mais il ne convient cependant pas d'oublier les personnes lésées, poursuit la chercheuse: la question de la responsabilité civile (et non pénale) doit être clairement réglée afin que celles-ci touchent des indemnités ou des compensations en cas d'accident avec un robot. Susanne Beck réfléchit à la création d'un statut juridique particulier pour les robots: la «personne électronique», comparable à la personne morale (entreprises, associations, etc.), et sur laquelle le Parlement européen se penche déjà. Une possibilité consisterait à exiger des producteurs, des propriétaires et des exploitants d'un robot de déposer ensemble une caution financière qui serait utilisée lors d'un dommage. La création de cette nouvelle personnalité juridique suscite toutefois une opposition chez les spécialistes en robotique. Dans une lettre ouverte à l'UE, ils la jugent prématurée, dénoncent une surévaluation des possibilités actuelles de l'intelligence artificielle et craignent qu'un tel cadre légal ne freine l'innovation.

Claudia Hoffmann est journaliste scientifique et travaille pour l'institut de recherche SLF à Davos.

—
N. Markwalder et M. Simmler: Roboterstrafrecht: Zur strafrechtlichen Verantwortlichkeit von Robotern und künstlicher Intelligenz. Aktuelle juristische Praxis (2017)

Les secrets du dégoût

Le sentiment de répugnance est bénéfique, car il nous protège d'infections. Des scientifiques étudient quels aliments nous rebutent le plus et comment nous pourrions surmonter ces réactions, notamment afin de préserver l'environnement.

Par Susanne Wenger

Un vieux concombre mou, une salade de maïs avec des chenilles, un cuisinier avec une coupure ouverte: des exemples évidemment peu appétissants qu'utilise Christina Hartmann de l'ETH Zurich pour mesurer le sentiment de dégoût chez les consommateurs. Et même s'ils sont décrits de manière neutre dans un questionnaire, l'imagination des participants fait le reste, appelant des images de salive, de sang d'inconnus ou de vermine. On sent presque les odeurs fétides, on ressent les textures visqueuses.

Le dégoût n'est pas figé, mais forgé par des facteurs socioculturels.

Faire la grimace ou être pris de nausée constituent des réactions normales, explique la chercheuse en sciences de la nutrition: «La capacité à éprouver du dégoût est innée», c'est l'une des émotions de base de l'être humain, un sentiment fort et universel qui sert à protéger des infections. «Nous sommes en général dégoûtés par des choses dont nous pensons qu'elles peuvent nous rendre malades, comme de la nourriture avariée ou contaminée.» Cependant, le dégoût n'est pas figé, mais forgé par des facteurs socioculturels. Nos réponses à certains déclencheurs nous sont inculquées dans l'enfance et la jeunesse, mais elles sont susceptibles de changer. «Des contacts réguliers avec des aliments que l'on trouve repoussants peuvent atténuer nos réactions.»

Mesurer la répugnance

Une série d'études réalisées par l'équipe de Christina Hartmann examine actuellement comment le dégoût influence le comportement alimentaire. Après tout, ce que nous dédaignons ou apprécions dans nos assiettes a d'importantes conséquences, notamment sur l'environnement. Christina Hartmann a développé deux instruments de mesure du dégoût, l'un avec une photo, l'autre sans. Plus de 1000 personnes en



Quelle image vous coupe-t-elle l'appétit? C'est celle de l'insecte dans le maïs qui a été jugée la plus dégoûtante par les participants d'une étude de l'ETH Zurich, suivie par les tomates pourries. En dernier, la préparation de viande, malgré les mains nues et les bagues à un doigt, deux facteurs potentiels de contamination.

Photos: Viande – Pixabay.com/yaron86; tomates et maïs – Jeanine Ammann

Suisse ont rempli les questionnaires. Cent personnes ont en outre été observées dans le cadre d'une expérience: on leur a par exemple servi du chocolat saupoudré de vers de farine séchés. Ces animaux sont autorisés à la vente comme aliment en Suisse depuis 2017, avec les grillons et les sauterelles.

Les conclusions confirment que les femmes sont plus susceptibles au dégoût que les hommes. Christina Hartmann avance une explication: cette réaction génère davantage de prudence face à de possibles foyers d'infection, un avantage au vu du fait de pouvoir être enceinte. La sensibilité diminue avec le temps autant chez les femmes et les hommes, avant de se renforcer à un âge avancé. Parce que les personnes âgées sont plus vulnérables aux maladies? Cela n'est pas encore clair, répond Christina Hartmann. Les scientifiques ont en revanche établi un lien net entre un sentiment de dégoût accru et le rejet de nouveaux aliments, ainsi qu'un comportement alimentaire très sélectif en général. Les personnes facilement dégoûtées sont aussi rebutées par les textures gélatineuses et molles: «Et cela même quand les aliments ne sont pas dangereux, comme des fruits ou des légumes un peu vieux.»

L'hygiène peu importante

Etonnamment, le manque d'hygiène semble ne provoquer que peu de répugnance. Notamment, une image de mains avec des bagues pétrissant de la viande hachée s'est retrouvée tout en bas de l'échelle. Selon la

chercheuse, le risque pour la santé serait probablement sous-estimé dans ce cas.

Les études de Christina Hartmann montrent que le dégoût peut être vital, mais aussi constituer un obstacle envers des comportements plus respectueux de l'environnement tels que manger des insectes comme alternative à la viande ou des fruits et légumes un peu trop mûrs. Pour contrer le gaspillage alimentaire, il serait intéressant de réduire les déclencheurs du dégoût, en particulier en traitant des aliments afin que taches brunes ou peau flétrie ne se voient pas.

La démarche doit commencer par la description du produit, poursuit la chercheuse. «Insectes et vers ne sont pas des mots qui sonnent très bien. Pour la viande, on parle souvent du morceau – filet, escalope – et non pas de l'espèce animale.» De plus, une nouvelle nourriture est mieux acceptée si elle véhicule une image positive, voire à la mode, et si elle est consommée en compagnie d'autres gens. Les bars à sushis constituent un cas emblématique. Le poisson cru, que l'on tend à considérer comme répugnant sous nos latitudes, est devenu un mets à la mode.

Christina Hartmann va prochainement étudier le phénomène dans d'autres pays, de la France à l'Australie en passant par la Suède, la Chine et l'Afrique du Sud. Après tout, les asticots frits sont considérés dans de nombreuses régions comme de vraies friandises.

Susanne Wenger est journaliste libre à Berne.

20 000 ossements dans les Alpes

Il y a plus de 7000 ans, les premières communautés agro-pastorales s'installent dans les Alpes. Elles viennent avec leur culture néolithique: domestication des animaux, agriculture ou encore poteries et pierre polies. Pour retracer le développement de leurs pratiques d'élevage, Patricia Chiquet du Muséum d'histoire naturelle de Genève a examiné plus de 20 000 ossements et dents d'animaux trouvés près de Sion (Valais) ainsi qu'en Isère et en Savoie (France).

Parmi ses découvertes: un sifflet façonné dans un tibia de Caprinae (une sous-famille des bovidés qui comprend notamment les chèvres, moutons et chamois), utilisé probablement comme instrument d'appel. L'archéozoologue a surtout pu montrer que l'élevage s'est diversifié petit à petit: «Il est d'abord orienté principalement sur les moutons pour la production de viande et de lait. Mais vers la fin du Néolithique, entre 3500 et 2200 av. J.-C., l'élevage de la chèvre, du bœuf et du porc progresse.» Les éleveurs avaient déjà vu l'intérêt de combiner différentes espèces: «Moutons et chèvres sont complémentaires. Les premiers affectionnent les surfaces herbeuses et n'aiment pas les milieux trop escarpés ou broussaillieux. Il peut donc être judicieux d'avoir des chèvres pour tirer profit de tels milieux et empêcher l'embroussaillage.»

Le Néolithique connaissait-il déjà l'alpage? «Des troupeaux ont forcément dû franchir des cols afin de pouvoir s'installer en Valais puisque les ancêtres de nos moutons et de nos chèvres sont originaires du Proche-Orient. Mais nous ne sommes pas certains qu'ils allaient profiter de l'herbe fraîche disponible en altitude à la belle saison.» Des analyses de dents sont en cours et livreront leurs résultats cet automne. *Benjamin Keller*

P. Chiquet: «Economie animale et territoire au Néolithique dans les Alpes occidentales: toujours le même son de cloche?» Actes du 142e congrès du Comité des travaux historiques et scientifiques, Pau (to be published, 2018)

Cyril Bernard, AVDPA



Ces récipients en céramique témoignent de la production de fromage au Néolithique en Savoie.

Fotolia/Jacob Lund



Utiliser «nous» au lieu de «je» encourage les employés à contredire leurs supérieurs.

Se faire respecter par la critique

Gravement blessé après un accident de voiture, un patient de 20 ans est admis aux urgences. La chirurgienne veut le soumettre à une tomodensitométrie, mais cet examen peut s'avérer dangereux parce que la respiration et la circulation de la victime ne sont pas stabilisées. Est-ce que les médecins assistants et le personnel soignant présents oseront la contredire? Une question décisive aux yeux de Mona Weiss, psychologue à l'ETH Zurich et désormais à l'Université de Leipzig. Par chance, le patient n'était qu'un mannequin. La chercheuse avait au préalable formé les collaborateurs à manifester leur opposition en cas de nécessité.

Contredire peut sauver la vie d'un patient ou éviter de mauvaises décisions au sein d'une entreprise. Mais de nombreux collaborateurs n'osent pas le faire, bien qu'une critique constructive puisse déboucher sur un gain d'estime, a constaté la chercheuse. Dans le cadre d'un jeu de rôle, elle a demandé au plus jeune participant d'utiliser une autre stratégie que les anciens pour se mettre en valeur lors d'une discussion. «Ceux qui exprimaient leur opinion étaient mieux respectés et considérés comme plus efficaces. Les anciens préféraient travailler avec eux plutôt qu'avec ceux qui ne formulaient pas leurs critiques et leurs idées.»

Les supérieurs exercent en outre une grande influence sur leurs employés. «La manière dont ils communiquent imprègne toute la culture de l'organisation, dit Mona Weiss. En disant «nous» plutôt que «je» lorsqu'ils demandent l'avis de leurs collaborateurs, ceux-ci sont plus disposés à présenter leurs idées et à relever les erreurs.» *Jochen Paulus*

M. Weiss et al.: We can do it! Inclusive leader language promotes voice behavior in multi-professional teams. *The Leadership Quarterly* (2018)

Les nouveaux exclus du troisième âge

Autrefois considérée comme une détérioration, la vieillesse a bien changé suite à l'évolution démographique et à l'augmentation de l'espérance de vie. Des seniors en pleine santé voyagent dans le monde entier, gardent leurs petits-enfants ou s'engagent comme bénévoles. Mais ce nouveau paradigme appelé «vieillesse active» risque d'exclure certaines catégories de la population, indique une étude de l'ethnologue zurichoise Francesca Rickli. La chercheuse a travaillé avec 35 personnes de plus de 64 ans à mobilité réduite ou incapables de se déplacer de manière indépendante. Certains participants vivaient déjà avec ce handicap avant la retraite.

La chercheuse les a visités dans leur quotidien pendant plusieurs mois. La plupart d'entre eux déploraient de ne pas ou de ne plus pouvoir vivre une vieillesse heureuse «parce que cette idée n'inclut pas le handicap, l'infirmité ou la dépendance», relève Francesca Rickli. Les personnes dont la mobilité s'était réduite avec l'âge rejetaient les déambulateurs et les chaises roulantes - qui pourtant auraient accru leur liberté de mouvement et facilité leur vie sociale - au contraire de celles ayant vécu avec ce handicap depuis plus longtemps.

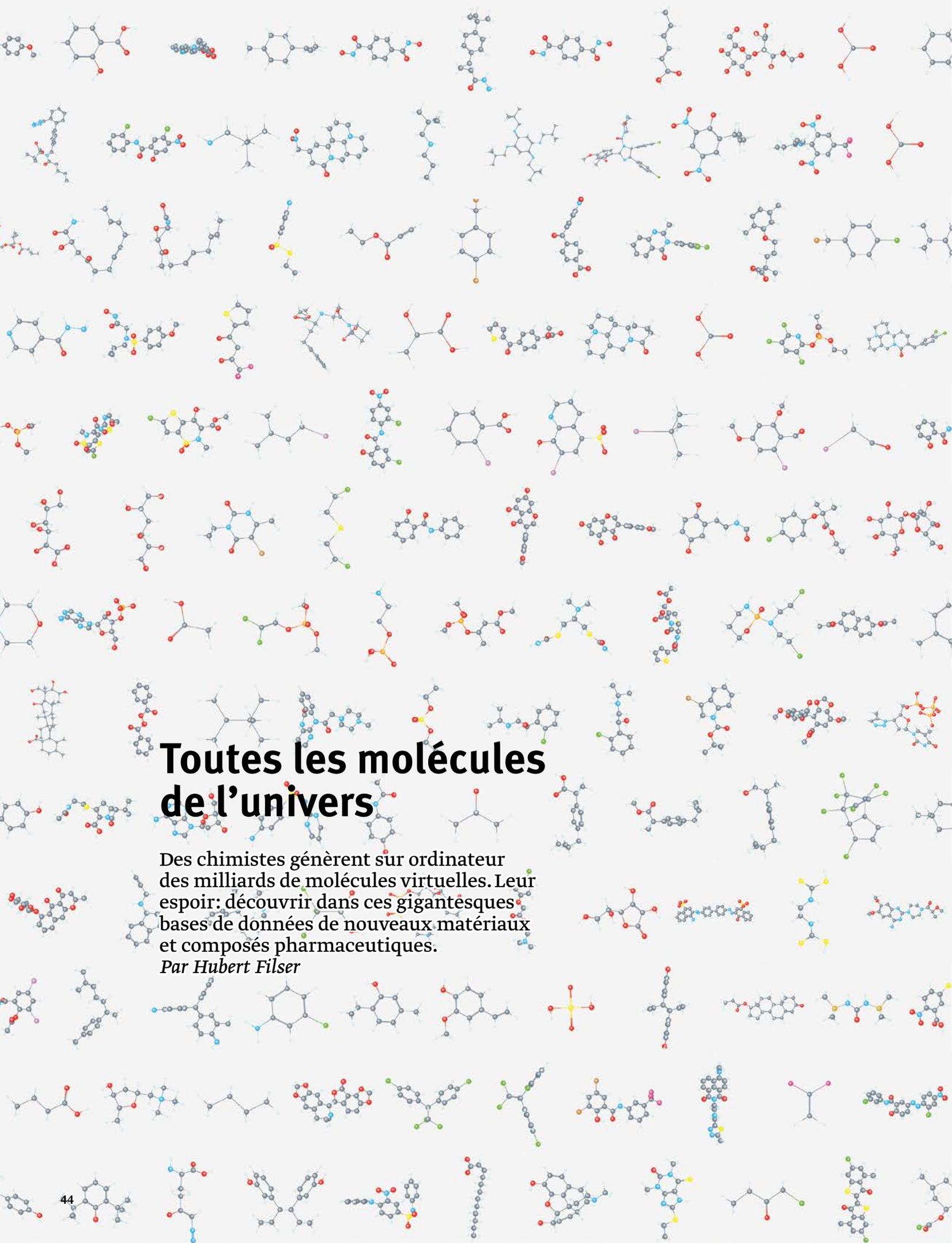
Des participants ont indiqué ressentir une pression liée au débat public sur le suicide assisté. Pour éviter de marginaliser les personnes âgées touchées par le handicap, il faudrait faciliter l'obtention de soutiens, estime Francesca Rickli. Ce qui nécessiterait d'adapter le système d'assurances sociales. *Susanne Wenger*

F. Rickli: Old, disabled, successful? Transfiguration of people with disabilities within positive aging paradigms in Switzerland. In: *Medical Anthropology Theory* (in preparation)



Certains seniors rejettent le déambulateur, symbole de déclin physique.

Fotolia/Welthofer Designs



Toutes les molécules de l'univers

Des chimistes génèrent sur ordinateur
des milliards de molécules virtuelles. Leur
espoir: découvrir dans ces gigantesques
bases de données de nouveaux matériaux
et composés pharmaceutiques.

Par Hubert Filser

Combien de molécules peut-il y avoir au monde? Au début, il ne s'est intéressé qu'à cette question purement académique, raconte Jean-Louis Reymond de l'Université de Berne. Le chimiste voulait déterminer le nombre de composés connus et inconnus. Il a donc commencé en 2001 avec son équipe à les compter et à les recueillir systématiquement dans de gigantesques bases de données. Pas pour tromper l'ennui, mais dans le but de découvrir de la sorte de nouvelles substances actives contre des maladies.

Le chercheur a développé des méthodes numériques afin de construire pratiquement toutes les molécules possibles en théorie jusqu'à une certaine taille et de prédire leurs propriétés. L'algorithme ne combine pas l'ensemble des éléments possibles, mais uniquement l'hydrogène, le carbone, l'azote, l'oxygène, le soufre ainsi que les halogènes (fluor, chlore, brome, iode). «Il combine les atomes un peu comme des Lego», explique Jean-Louis Reymond, qui raconte comment il a ainsi découvert une «belle molécule», faite seulement d'atomes de carbone et d'hydrogène et composée par trois anneaux de norbornanes imbriqués.

«C'est comme chercher de l'or.»

Jean-Louis Reymond

Des années ont été nécessaires pour développer cette banque de données. Au départ, les capacités de calcul disponibles limitaient la taille des molécules à un maximum de 11 atomes, puis à 13 pour la deuxième version (GDB-13, pour «Generated Database») et finalement à 17 pour la plus récente, GDB-17. Elle comprend 166 milliards de composés, ce qui en fait la plus grande banque de données au monde pour les petites molécules. Celles-ci ne doivent satisfaire qu'à des règles élémentaires de stabilité chimique, à savoir les types de liaisons et les angles entre elles. Ces recherches ont montré qu'il y a bien davantage de molécules inconnues que de connues.

«Il ne faut pas se laisser impressionner par les nombres, tempère Jean-Louis Reymond. Notre tâche principale n'est pas de créer des banques de données toujours plus grandes, mais de les organiser de manière à ce qu'on puisse les utiliser. Le but

est d'y reconnaître les rares substances nouvelles susceptibles de mener réellement à des structures utiles. C'est comme chercher de l'or: il n'y en a pas des quantités infinies.»

L'algorithme chimiste

À l'Université de Bâle, un autre scientifique écume l'espace chimique en quête de nouvelles liaisons. Mais l'approche d'Anatole von Lilienfeld est différente: l'intelligence artificielle. Son équipe a travaillé à partir d'une base de données de 10 000 cristaux, générée par les lois de la mécanique quantique. Elle a servi de modèle d'apprentissage pour prévoir les propriétés de deux millions de nouveaux cristaux. Les algorithmes ont ensuite découvert 90 composés stables mais encore inconnus. «A elle seule, l'intelligence artificielle nous a permis d'économiser deux millions de francs rien qu'en temps de calcul», indique Anatole von Lilienfeld. La production des cristaux est assurée par des partenaires tels qu'IBM Zurich ou le Swiss Nanoscience Institute de l'Université de Bâle.

Ces recherches s'intéressent notamment aux cristaux d'elpasolite, composés de quatre éléments différents. Leur structure est plus complexe que celle de nombreux cristaux ordinaires constitués à partir de deux ou trois éléments seulement (comme le sel): «Les elpasolites ont des propriétés matérielles intéressantes qui en font des candidats pour les scintillateurs (des matériaux pouvant détecter la présence de radiation en devenant lumineux, ndlr)», indique le chimiste.

Cette stratégie profite de l'augmentation massive des capacités de calcul et de l'amélioration des algorithmes, une conjonction qui ouvre de nouvelles voies pour trouver les composés intéressants cachés parmi des milliards de molécules. L'espoir final est d'accélérer le développement de médicaments.

L'approche va plus loin: des chimistes simulent intégralement sur ordinateur des processus biochimiques impliquant de petites molécules. Des algorithmes prédisent si ces dernières sont susceptibles de se lier à des protéines-cibles et, ce faisant, de déclencher ou bloquer des réactions.

À l'Université de Californie à San Francisco, l'équipe de Brian Shoichet est partie ainsi à la recherche de nouveaux analgésiques parmi 3 millions de substances. Ils devraient pouvoir activer un récepteur opioïde spécifique et atténuer par conséquent la douleur sans les effets secondaires usuels tels que constipation ou diminution de la fréquence respiratoire. L'algorithme a trouvé 23 candidats; sept d'entre eux ont

montré l'action voulue lors des premiers tests en laboratoire. La start-up Epiodyne fondée par le chercheur travaille à développer un médicament fiable sur cette base.

Un point crucial pour ces méthodes est de pouvoir explorer de manière efficace des bases de données toujours plus grandes. Aux côtés de GDB-17, la chimiothèque des National Institutes of Health nommée Pubchem réunit l'ensemble des informations disponibles sur plus de 96 millions de molécules, alors que Surechembl rassemble 17 millions de composés chimiques brevetés. Et encore d'autres répertoires spécialisés sont apparus.

Quarante-deux dimensions

Pour les explorer, Jean-Louis Reymond a développé un nouveau système de coordonnées de l'espace chimique des molécules: «Nous nous sommes demandé quelles sont les propriétés élémentaires les plus importantes pour classifier les comportements d'une molécule. Après quelques ajustements, nous sommes arrivés à 42 paramètres.» Ils simplifient en quelque sorte les nombreuses propriétés d'une molécule fixant son identité (nombre d'atomes, de liaisons, d'anneaux, etc.). «Je suis moi-même surpris que le simple système des 42 dimensions livre toujours des résultats aussi beaux», sourit le chimiste.

Avec son doctorant Daniel Probst, il a récemment développé une nouvelle méthode pour projeter cet espace chimique en 42 dimensions sur des cartes en 2D et 3D. Ces cartes explorables à l'aide d'un casque de réalité virtuelle condensent les informations essentielles sur les molécules et illustrent de manière visuelle les différences dans leurs composants actifs.

Les scientifiques ont d'abord organisé les molécules de la banque de données de médicaments Drugbank en fonction de leur taille et de propriétés structurales telles que leur rigidité ou la polarité électrique. «Cela donne une sorte de théâtre d'ombres où les molécules aux contours semblables sont réunies en groupe», dit Daniel Probst. On peut ainsi chercher des composés proches de substances actives connues. «Au final, nous cherchons à développer de nouvelles idées pour des molécules», dit Jean-Louis Reymond.

Basé à Munich, le journaliste Hubert Filser travaille régulièrement pour l'émission télévisée Quarks & Co. de la chaîne allemande WDR.

Petit extrait des 340 millions de composés chimiques rassemblés dans la base de données Pubchem.

Image: 2. stock süd

A l'écoute du Big Bang

Une nouvelle astronomie est née avec la première détection d'ondes gravitationnelles en 2015. Des scientifiques anticipent déjà les prochaines observations et rêvent de remonter aux origines: à la première seconde de l'Univers.

Par Lionel Pousaz

En février 2016, une annonce fait le tour du monde: la collaboration américaine LIGO confirme avoir détecté les ondes gravitationnelles créées par la fusion de deux trous noirs distants de plus d'un milliard d'années-lumière. Depuis, cinq observations similaires ont été effectuées, confirmant que ces phénomènes sont observables à l'aide d'instruments extrêmement sensibles. Une nouvelle discipline est née: l'astronomie gravitationnelle.

À l'EPFL, Daniel Figueroa cherche à déterminer si cette approche serait à même d'apporter des réponses à une question littéralement primordiale: jeter un œil sur ce qui s'est passé les premiers instants suivant le Big Bang. «Comme les ondes gravitationnelles ne sont pas entravées par la matière, elles ont pu se propager dans l'Univers dès sa naissance», explique le physicien. Elles constitueraient ainsi aujourd'hui une sorte de fond uniforme, parfaitement similaire pour tous les observateurs où qu'ils se trouvent dans l'Univers.

Echographie du cosmos

En principe, des ondes gravitationnelles sont générées lorsque des objets supermassifs (étoiles, trous noirs) sont accélérés. Bien qu'aucun objet massif n'existait juste après le Big Bang, il est possible que ces oscillations de la courbure de l'espace-temps aient été produites à ce moment-là par l'expansion rapide des gigantesques masses de particules. Pour Daniel Figueroa, «elles sont les seuls phénomènes observables susceptibles de témoigner directement des premiers instants de l'Univers».

Cette hypothèse repose sur de solides fondements, commente Rainer Weiss, chercheur au MIT et prix Nobel de physique 2017 pour ses travaux dans ce domaine. Notamment en ce qui concerne l'époque dite de l'inflation, où l'expansion de l'Univers était la plus rapide. «Certes, plusieurs cosmologistes réputés ont conçu des modèles de l'inflation sans émission d'ondes gravitationnelles, précise-t-il. Mais ça ne rend pas cette question moins intéressante, au contraire.»



Le satellite LISA Pathfinder confirme en 2016 que la détection d'ondes gravitationnelles depuis l'espace devrait être possible. C'est le but de la mission LISA prévue pour 2034. Photo: ESA/ATG medialab

La physique discerne cinq périodes différentes dans les premiers instants de l'Univers, depuis l'époque de Planck (10^{-43} s), sur laquelle butent les spéculations mathématiques, jusqu'à l'époque des hadrons ($0,000001$ s), où se forme les constituants de la matière telle qu'on la connaît aujourd'hui. Du point de vue d'un astrophysicien, cette microseconde est plus riche en événements que les millions d'années l'ayant suivi.

Mais cela reste des modèles théoriques. Pour les confirmer ou les infirmer, des observations seront nécessaires. Les spécialistes attendent impatiemment la mise en service d'un observatoire spatial unique en son genre, prévue pour 2034: LISA est composé de trois satellites espacés de 2,5 millions de kilomètres se renvoyant des rayons lasers. Le dispositif sera capable de détecter d'infimes variations de distance (une dizaine de picomètres, soit le diamètre d'un atome) et ainsi des ondes gravitationnelles d'un type différent que celles observées jusqu'à présent.

Daniel Figueroa et ses collègues internationaux cherchent notamment à dater les signaux primordiaux que LISA serait amené à détecter. Première possibilité: ils se distribuent de manière normale, selon la loi dite gaussienne, comme les ondes gravitationnelles standard et la plupart des phénomènes naturels aléatoires. «Dans ce cas, cela signifierait sans doute qu'ils remontent au moment même où la matière s'est organisée en quarks, soit

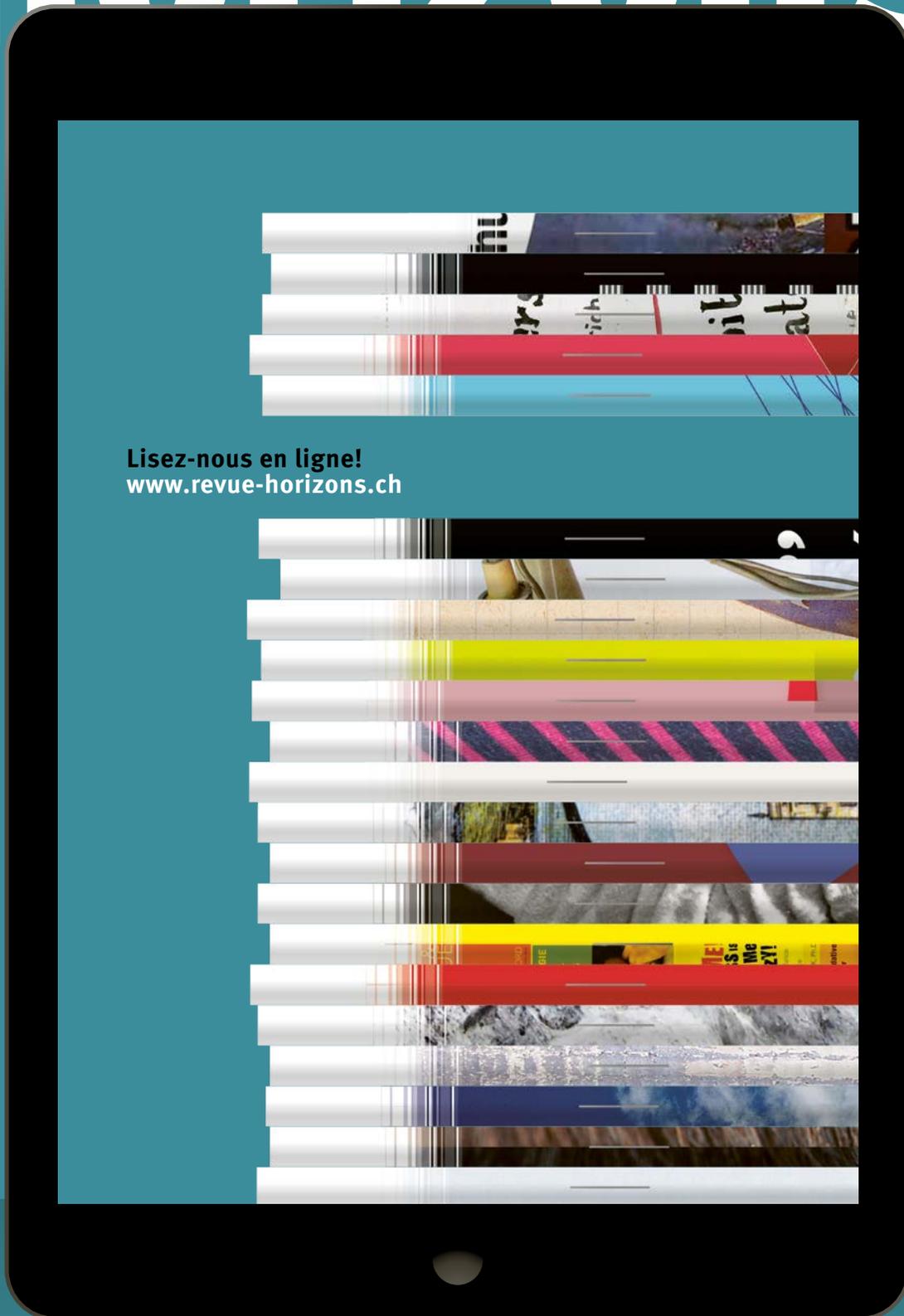
environ $0,0000000001$ seconde après le Big Bang», explique le chercheur. Au contraire, une distribution non gaussienne des ondes pourrait impliquer qu'elles datent d'avant, lorsque l'Univers n'était âgé que de 10^{-36} seconde, soit au début d'une brève phase d'extrême expansion, l'inflation, lorsque les lois de la physique commune ne s'appliquent pas encore dans leur ensemble.

Mais de nombreux modèles théoriques prédisent que les ondes gravitationnelles issues du Big Bang pourraient ne pas être assez puissantes pour être détectables par LISA, tempère Rainer Weiss du MIT. «Nous sommes nombreux à penser qu'il faudra attendre un instrument plus sensible pour les mesurer directement. Mais quelques idées ont cours à propos de densités énergétiques accrues présentes à la fin de la période d'inflation et qui seraient juste assez puissantes pour LISA. Quoi qu'il en soit, que nous les détections ou pas, cela pourrait influencer nos réflexions sur l'unification des théories quantiques et de la gravitation, soit l'une des plus grandes questions en physique.» De quoi nous projeter encore plus près de notre origine, il y a 13,8 milliards d'années.

Le journaliste suisse Lionel Pousaz vit à Boston.

—
N. Bartolo et al.: Probing non-Gaussian Stochastic Gravitational Wave Backgrounds with LISA (Arxiv, 2018)

horizons



Lisez-nous en ligne!
www.revue-horizons.ch



@horizons_fr



horizonsmagazine



www.revue-horizons.ch/newsletter

Davide Wüthrich



Est-ce que le bâtiment – modélisé par un cube percé d'ouvertures – résistera à la vague?

Des tsunamis en laboratoire

En général, ce sont des forts séismes sous-marins qui provoquent les tsunamis. Mais pas seulement: l'effondrement d'un pan de montagne dans un bassin d'accumulation peut avoir le même effet. Ce fut le cas au nord de l'Italie en 1963 lorsqu'une vague géante causée par un glissement de terrain a franchi le barrage de Vajont haut de 260 mètres, faisant plus de 1900 morts. De tels événements risquent de se produire à nouveau en raison notamment de la fonte des glaciers.

«La genèse des vagues de type tsunami et les dégâts qu'elles provoquent est encore mal connue sur le plan scientifique», explique Davide Wüthrich, doctorant au Laboratoire de constructions hydrauliques de l'EPFL. Afin d'étudier comment l'architecture d'un bâtiment influence sa résistance à un tsunami, il a construit un simulateur composé d'un canal de 14 mètres de long relié à un réservoir d'une capacité de 7 mètres cubes. Lorsque celui-ci se déverse dans un bassin de rétention situé en contrebas, l'eau plonge dans le canal et provoque des vagues puissantes.

Le chercheur a étudié leur impact sur différents types de bâtiments modélisés par des cubes pourvus d'ouvertures variées. Il les a installés sur une plateforme capable de mesurer les forces et les a soumis au déferlement des vagues. «J'ai été surpris de constater que la force de la vague sur le cube diminuait de manière presque exactement proportionnelle à la surface des ouvertures.» Concrètement, cela signifie que construire des bâtiments ayant davantage de portes et de fenêtres pourrait réduire la pression exercée par l'eau et ainsi amoindrir la probabilité qu'il ne s'effondre. Les habitants réfugiés sur le toit seraient donc en sécurité.

Mais peut-on vraiment simuler une catastrophe en laboratoire? Les autorités japonaises se disent en tout cas impressionnées et collaborent actuellement avec le laboratoire lausannois pour y tester l'un de leurs modèles de tsunamis. *Samuel Schläfli*

D. Wüthrich et al.: Experimental study on forces exerted on buildings with openings due to extreme hydrodynamic events. Coastal Engineering (2018)

Du polyester ininflammable

Une équipe de l'EMPA a mis au point un nouvel additif pour la fabrication de polymères destinés aux textiles en polyester afin de les rendre plus résistants et ignifuges. Il devrait améliorer les processus de fabrication, au cours desquels les polymères sont chauffés à plus de 280 degrés. Une fois atteint le niveau de fluidité souhaité, ils sont filés par un extrudeur en de longues fibres, à même d'être tissées ou combinées à d'autres matériaux tels que le coton.

Cette chauffe affecte normalement l'organisation moléculaire des fibres et diminue la résistance du textile, explique Manfred Heuberger, chercheur au laboratoire fédéral de recherche EMPA. Il a donc cherché avec son équipe un fluidifiant permettant de filer le polyester à plus basse température dans le but d'obtenir des textiles plus robustes tout en réduisant l'énergie nécessaire à la production.

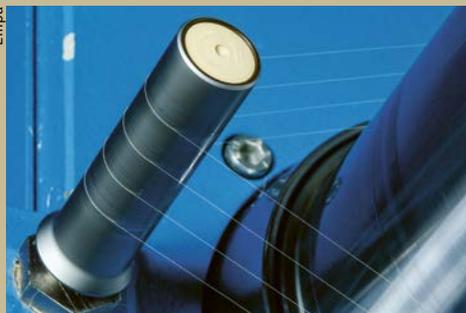
Les scientifiques ont synthétisé et breveté un additif fluidifiant phosphoré. Ajouté au polymère en fusion, il permet d'abaisser la température de fabrication de quelques degrés et confère également au textile des propriétés ignifuges. Le prototype de fibre présente une résistance mécanique environ 40% supérieure à celle d'un polyester ignifuge de référence.

Les chercheurs ont étudié l'aspect fluidifiant du composé en collaboration avec l'entreprise Tersuisse. L'objectif serait de produire une fibre ignifuge et hautement résistante, principalement destinée à l'implémentation architecturale, notamment les stores, ainsi qu'à la signalétique. Si le procédé a fait ses preuves en laboratoire, les développements industriels n'en sont qu'à leurs débuts, précise Niklaus Zemp, directeur de Tersuisse. «Il faudra que nos tests s'avèrent concluants et, surtout, que l'additif puisse être produit dans des quantités suffisantes et à un prix raisonnable.»

Lionel Pousaz

Pressurized-fluid assisted polymer processing and melt-spinning with continuous foaming suppression, SNSF Project 155654

Empa



Des additifs développés à l'EMPA rendent les fibres artificielles plus résistantes.



Archiv SLF

Un radar observe l'intérieur d'une avalanche artificielle déclenchée près d'Arbaz (VS).

Au cœur de l'avalanche

Les avalanches de plaques, de neige mouillée ou de poudreuse sont faciles à classer une fois qu'elles ont dévalé une pente. Mais les mécanismes à l'œuvre durant l'écoulement restent très mal connus. Anselm Köhler et Betty Sovilla, de l'Institut pour l'étude de la neige et des avalanches de Davos, ont développé un radar afin d'examiner les tourbillons de poudreuse. Leurs mesures leur ont permis de mettre au point une nouvelle classification.

Entre les hivers 2009 et 2015, ils ont observé 77 avalanches d'origine naturelle ou artificielle dans la vallée de la Sionne, près d'Arbaz (VS). Le nouveau dispositif a rendu possible l'observation des grumeaux de neige d'une taille de 2 à 10 centimètres, de reconnaître leurs structures et de suivre leurs modifications dans l'avalanche. De plus, des caméras et des capteurs ont enregistré la vitesse d'écoulement, la densité de la neige, sa température, sa pression et les vibrations.

En se basant sur ces mesures, les deux scientifiques ont développé une nouvelle classification, plus détaillée, comprenant sept régimes d'écoulement. Ils ont pu analyser les facteurs externes – comme la température ou l'inclinaison de la pente – qui les influencent et mis en évidence que des grosses avalanches voient parfois différents régimes se superposer.

Betty Sovilla espère que l'étude et les données accessibles au public favoriseront le développement de meilleurs modèles physiques des avalanches. Des évaluations plus précises des risques pourraient peut-être réduire le nombre de victimes. Au cours de l'hiver dernier, 26 personnes ont perdu la vie dans des coulées de neige en Suisse. *Sven Titz*

A. Köhler et al.: GEODAR Data and the Flow Regimes of Snow Avalanches. Journal of Geophysical Research: Earth (2018)

Fortifier les vieux muscles

Une start-up commercialise un complément alimentaire destiné aux personnes âgées. Une étude clinique teste son efficacité.

Texte: Florian Fisch
Illustration: ikonaut

1. ARTICLE SCIENTIFIQUE (2014)

La leucine développe les muscles

Une étude canadienne menée sur 40 jeunes hommes confirme en 2014 que l'adjonction de leucine – un acide aminé – dans la nourriture favorise la croissance musculaire. Piero Fontana, un développeur de suppléments alimentaires pour une entreprise suisse, lit la publication scientifique. Il pense alors non pas aux bodybuilders mais aux personnes âgées: leurs muscles ne réagissent pas bien aux signaux de croissance et perdent en volume, ce qui augmente les risques de chutes et de fractures.

2. PRODUIT (2015)

Une boisson quotidienne

La leucine pure ayant mauvais goût, Piero Fontana la cache dans des aliments afin d'en faire un produit consommable en quantité suffisante. Il développe un mélange de leucine et de protéines de lactosérum issues de la production du fromage et en tire des boissons aux divers arômes allant du cappuccino à la clémentine. Il développe également des préparations de leucine pour la production de saucisses et de biscuits, et dépose sept brevets. Son entreprise Omanda basée à Baar (ZG) cible notamment les cliniques gériatriques.

3. ÉTUDE CLINIQUE (2018)

Est-ce que ça marche vraiment?

Ces boissons protéinées attirent l'attention des responsables d'une étude clinique sur la fonte musculaire liée à la vieillesse, menée à l'Hôpital universitaire de Zurich. Ils donnent un cocktail de leucine et de protéines de lactosérum à une moitié de 800 patients de plus de 74 ans ayant subi une chute ou une blessure. L'autre groupe reçoit un placebo sans protéines mais doté d'autant de calories. En parallèle, l'effet d'exercices de musculation est testé. Dans un an, on saura finalement si les boissons protéinées de Baar s'avèrent efficaces au quotidien.

Les dangers du savoir simulé

Par Antonio Loprieno

Quels points communs entre les fake news, «La douce indifférence du monde» de Peter Stamm et le modèle géologique en 3D en page 19 de ce magazine?

Bien plus que l'on pourrait penser: les unités de la connaissance sont décomposées en fragments pour être appréhendées émotionnellement. Dans le cas des fake news, les caractéristiques d'une information sont sélectionnées afin de répondre aux algorithmes déterminant leur adhésion. Dans le roman de Peter Stamm, un homme rencontre son double du futur et du passé. Et dans le modèle en 3D, la combinaison d'un large spectre de données permet de visualiser des réalités du monde qui transcendent la perception immédiate.



Andri Pol

Grâce à leur représentation imagée, les faits sont modelés pour que leurs détails soient déconstruits et reconstruits.

Le «digital turn», cette innovation à la base technologique mais désormais sociétale, a ouvert un nouvel accès au savoir à travers la simulation. Elle recèle un potentiel scientifique inouï mais également des dangers pour la société. La reproduction imagée de faits éveille des émotions et la formation se voit complétée par l'imagination. Les frontières entre la simulation comme visualisation scientifique, comme fiction littéraire et comme tromperie délibérée sont plus fluides que jamais.

La simulation a marginalisé l'accès analogique à la connaissance et remet en question les règles de jeu de l'information, de l'art et de la science. L'impératif n'est plus l'imitation d'une réalité historique, sociale ou scientifique, mais la projection numérique des liens entre les fragments de savoir. C'est dans ce report cognitif que la simulation et le post-factuel sont susceptibles d'entrer en contact: une information devient post-factuelle en étant pilotée de manière algorithmique; dans une fiction littéraire, l'expérience de l'auteur est retravaillée, acquérant ainsi des traits post-factuels; et un modèle géologique en 3D est post-factuel, car sa haute précision analytique repose sur une décomposition artificielle de faits fondamentaux.

La communauté scientifique parviendra-t-elle à fournir des repères à notre société pour naviguer entre les avantages et les dangers de la simulation? Vous lirez une possible réponse dans l'une de mes prochaines colonnes dans *Horizons*.

Antonio Loprieno est président des Académies suisses des sciences.

Courrier des lecteurs

Et les expertes?

«L'impuissance des experts», titrait le dernier numéro d'*Horizons*, un masculin générique qu'on retrouve dans tous les textes du dossier (pp. 10–23) consacré à l'expertise! Alors que ce terme représente l'univers universitaire en son entier comprenant toutes les chercheuses et tous les chercheurs, les scientifiques, les spécialistes, bref, toutes les femmes et tous les hommes qui apportent leurs connaissances à la société.

Et pour ce thème précis, le magazine scientifique le plus important de Suisse emploie un masculin générique qui, vous ne pouvez pas l'ignorer, n'inclut pas forcément les femmes, et certainement pas dans ce monde de la science aux connotations très masculines. A notre avis, vous allez ainsi à l'encontre de l'objectif du Fonds national suisse de renforcer la position des femmes dans le monde scientifique ainsi que leur visibilité. En tant qu'organe de la FNS et des Académies suisses des sciences, vous pouvez apporter une contribution très positive à l'évolution de la culture scientifique en Suisse. Nous comptons ici sur votre soutien. Merci beaucoup d'en tenir compte à l'avenir.

Lilian Fankhauser, co-directrice de la section pour l'égalité de l'Université de Berne

Réponse d'Horizons: Nous utilisons autant que possible une langue épique, en recourant notamment à des formulations neutres telles que «scientifiques» ou impersonnelles à l'instar de «la science». Lorsque cela n'est pas adéquat, nous recourons en effet parfois au masculin générique. La rédaction accorde l'importance à une représentation neutre des sexes. Au même moment, nous devons assurer une bonne lisibilité du magazine, ce qui proscrit l'utilisation trop fréquente de formulations doubles. Nous nous efforçons continuellement de trouver l'équilibre approprié entre formulation neutre et lisibilité. C'est une question récurrente au sein de la rédaction.

Quel modèle pour la science?

Dans la contribution «L'ultime précision» (*Horizons* 117, page 25), je lis que «les sciences naturelles se sont imposées comme des modèles dans le monde scientifique». De quelle manière? «Les spécialistes de la littérature quantifient les mots et les psychologues mesurent l'amour.» Question du journaliste: «Et y a-t-il des limites à ce qu'on peut, ou devrait, mesurer?» La réponse est donnée par le philosophe Oliver Schlaudt, un physicien diplômé, donc représentant de ce modèle. Le journaliste creuse: «Existe-t-il quelque chose que nous ne pouvons fondamentalement pas mesurer?» Il sort immédiatement

la carte de la psychologie: «A nouveau ce malaise!», qui existerait à l'égard du fait de mesurer, sans tracer aucune limite. Mais y existe-t-il quelque chose que nous ne pouvons pas mesurer? Ce serait un sujet pour *Horizons*. Et pour finir, encore une remarque un peu ironique sur ces mots: «Pour beaucoup de gens, le véritable scandale de la mesure, c'est de rendre ainsi les choses comparables.» La religion comparée et la littérature comparée sont donc des sciences scandaleuses... Un vrai honneur! Helmut Zander, chaire d'histoire comparée des religions et de dialogue interreligieux, Université de Fribourg

Exposition ignorée

L'article «Textile: comment la Suisse s'est imposée au XVIIIe» (*Horizons* 117, p. 46) m'a étonné. Il ne mentionne aucune publication des chercheurs cités sur ce thème, ce qui à mon avis aurait dû être évident. Surtout, il renvoie à l'exposition de Prangins, mais ne l'inclut pas dans le texte. Mentionner le catalogue de l'exposition aurait modifié la nature et la précision des indications puisque des auteurs connus et renommés de la recherche sur le textile et l'histoire économique y ont contribué. Hermann Schöpfer, historien de l'art, Fribourg

Effets quantiques tangibles

L'article sur les nouveaux développements de la métrologie (*Horizons* 117, p. 24) m'a particulièrement plu par sa concision et clarté. Il me faut cependant contredire Oliver Schlaudt lorsqu'il dit que «seules des mesures très précises permettent de rendre visible (...) la physique quantique». Il y a des effets quantiques parfaitement tangibles tels que la supraconductivité, et on ne peut développer une physique du solide pertinente que sur la base des principes de la mécanique quantique. Hans Rudolf Tschudi, Zofingue

Alternatives à la viande

Je trouve dommage que le thème de la viande de laboratoire (*Horizons* 116, p. 38) soit décrit et analysé sur deux pages sans être complété par d'autres considérations. Le problème de la destruction de notre environnement, le seul que nous ayons, vient de nos habitudes de consommation. La science et la recherche devraient pourtant être bien conscientes que nous dévorons, au sens propre du terme, l'habitat de nos descendants. A mon avis, la question n'est pas de savoir quelles sont les moins bonnes alternatives à la viande, mais comment nous allons faire pour surmonter ce problème. Merlin Ott, Urnäsch

Vieillir en bonne santé

Karl-Heinz Hug



En juillet 2018, une trentaine d'experts de l'OMS et du réseau «Ageing Society» se sont retrouvés à Berne à la Maison des Académies. Ce thème constitue un point fort des Académies suisses des sciences et est pris en charge par l'Académie suisse des sciences humaines et sociales. Ensemble, les participants ont élaboré un plan de travail pour la période allant de 2018 à 2020 et lancé une étude internationale qui servira de base pour la décennie du vieillir en bonne santé de 2020 à 2030.

La commission pour l'égalité reste indispensable

Les membres de la commission pour l'égalité du FNS instituée il y a quatre ans ont été reconduits pour un nouveau mandat de quatre ans. La juriste Michelle Cottier, professeure de droit civil à l'Université de Genève, y remplace Patricia Schulz. La recherche suisse ne tire toujours pas parti de tout son potentiel: les femmes représentent environ 40% des titulaires de doctorat, mais encore seulement 20% des postes de professeur en Suisse.

Promouvoir la relève dans les hautes écoles

Académies suisses des sciences



Les hautes écoles suisses doivent offrir des perspectives de carrière fiables au corps intermédiaire académique. Cela exigerait une organisation plus horizontale et moins de grandes chaires, ainsi que d'agir contre la

bulle des postdocs et la «leaky pipeline», à savoir la disparition progressive des femmes au fil des étapes de la carrière académique. L'Académie des sciences humaines et sociales a cherché des solutions réalistes. Elles sont à l'origine du rapport «Next Generation – une promotion efficace de la relève».

Cybersécurité: il faut en faire davantage

Le Conseil fédéral a pris le 4 juillet dernier plusieurs décisions de principe en matière de cybersécurité. L'Advisory Board Cybersecurity de l'Académie suisse des sciences techniques salue la mise en place d'un centre de compétences et la nomination d'une Madame ou d'un Monsieur Cyber ainsi que la création d'une délégation dont feront partie les chefs du DFF, du DDPS et du DFJP. Cependant, il estime que ces mesures ne suffisent pas au regard de la situation actuelle. Il demande des mesures complémentaires dans une lettre ouverte au président de la Confédération Alain Berset.

Nouvelle page web pour les HES et les HEP

iStock.com/Zoran Mircetic



Le FNS a publié une page spécifique pour toutes les offres destinées aux scientifiques des HES et des HEP, comme annoncé dans le rapport annuel 2018. Ils y trouveront les instruments d'encouragement adaptés à leurs besoins et des réponses aux questions les plus importantes. Avec l'adaptation des critères d'encouragement à des recherches souvent tournées vers la pratique, le FNS entend mieux servir les hautes écoles spécialisées et pédagogiques.

IA et médecine personnalisée

L'Académie des sciences médicales sera active au salon suisse «Planète Santé» début octobre à Genève. Un débat sur le thème «Réinventer le système de santé», organisé avec l'Académie des sciences humaines et sociales, aura lieu le 5 octobre. Elle abordera également les questions de l'intelligence artificielle, et le stand «L'humain sur mesure» traitera de thèmes liés à la médecine personnalisée.

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. 31e année, n° 118, septembre 2018.

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

Éditeurs

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), Pascale Hofmeier (hpa)

Graphisme, rédaction photos

2. stock süd netthoevel & gaberthüel,
Valérie Chételat

Traduction

Sophie Galtzsch, Olivier Huether

Correction

Jean-Pierre Grenon

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

36 600 exemplaires en allemand et
16 600 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.

«Le matin, je réfléchis.
L'après-midi, je discute.»
Botond Roska page 32

«J'étais toujours frappée par
les odeurs d'urine et de mort.»
Marie-Cécile Frieden page 38

«C'est comme chercher de l'or.»
Jean-Louis Reymond page 45



**Autrefois royaume du mineur,
l'espace souterrain attire
désormais architectes,
scientifiques et touristes.**

Photo: shutterstock/sajinnamu