

# Nouveaux regards sur l'école

Comment les connaissances scientifiques changent les pratiques en classe



La patronne de la science suisse expose sa vision  
30

L'art de lire les émotions des animaux  
34

Les dessous des sondages électoraux  
44

**QUIZ**  
Quel scientifique êtes-vous?  
25

## Des écoles publiques pour tous

Une élève observe, captivée, les mouvements d'un petit chariot blanc qui clignote. Elle vient d'apprendre à programmer un mini-robot. Une autre rampe dans l'herbe, les yeux fixés sur les insectes. Elle sait ce qu'il faut aux coléoptères pour survivre. Ces scénarios sont une réalité dans les écoles mais suivent des tendances opposées: utiliser au plus tôt les nouvelles technologies ou favoriser la plus grande proximité possible avec la nature. Ils illustrent également deux attitudes typiques face au progrès: foi enthousiaste ou rejet complet.

Paradoxalement, c'est dans des écoles sans écrans que les familles de programmeurs de la Silicon Valley envoient leurs enfants. Le New York Times diagnostique là une nouvelle fracture numérique: le luxe n'est pas d'avoir l'internet le plus rapide ou les derniers ordinateurs, mais de pouvoir payer une école privée et une nounou pour leurs enfants, de leur offrir le luxe du renoncement et des interactions humaines. Ce sont plutôt les classes modestes qui confient la garde de leurs enfants aux écrans.

Le pôle de technologie californien a beau être en avance sur son temps, nous retrouvons des tendances similaires en Suisse: de nombreux parents disposant des ressources nécessaires préfèrent envoyer leur progéniture dans une école Steiner ou dans des jardins d'enfants prenant place en forêt, là où il n'y a souvent pas d'écrans. D'un autre côté, certains projets d'école à la maison utilisent les outils d'information du net, alors que les écoles publiques équipent leurs classes avec des robots et des tablettes.

Retour à la nature, ou en avant toute avec la révolution numérique? Si les écoles privées peuvent proposer des offres aux parents ayant des positions extrêmes, les institutions publiques doivent rester des écoles pour tous. Même s'ils partent une fois par semaine en forêt, les enfants ont également le loisir d'apprendre en jouant comment programmer un BeeBot. L'ouverture et la diversité constituent des défis que les écoles publiques ne sauraient ignorer.



Judith Hochstrasser, rédaction

► Couvertures: Les élèves d'une classe de 7e année de l'école Mösli près de Berne prennent des photos pour Horizons. Elles illustrent le dossier des pages 10 à 23.

Photos: Nicolas Zonvi



# horizons

revue-  
horizons.ch  
Lisez-nous  
en ligne!





Méliék Manai



Etudier l'école

## 10

### Des écoles en mutation

La science a déjà déterminé ce qui fonctionne dans l'enseignement. Mais ce savoir peine encore à entrer dans la pratique.

#### 10 **Portfolio – Le regard des élèves**

Ils sont les premiers concernés par les discussions sur l'éducation: les écoliers expriment leur point de vue.

#### 12 **Le long chemin de l'enseignement basé sur les faits**

Des milliers d'études ont scruté l'apprentissage. Leurs conclusions sont claires, mais ne se sont pas encore imposées.

#### 18 **Un microcosme de la société**

De l'intégration à l'évaluation: l'école reflète les grands courants sociétaux. Quinze évolutions en une illustration.

#### 20 **Cinquante ans de réformes: un bilan**

La Suisse a transformé son système éducatif tard, mais rapidement. Analyse des sept changements les plus importants.

## 25

Christoph Frei



Science et politique

#### 24 **Un nouveau média pour la science**

Heidi News veut prendre ses lecteurs par la main, explique Olivier Dessibourg.

#### 25 **Test de personnalité pour chercheurs**

Puriste, éducateur, innovatrice? Découvrez votre profil de scientifique.

#### 29 **Des résultats à vérifier**

Un nouveau centre à Zurich encourage une recherche reproductible.

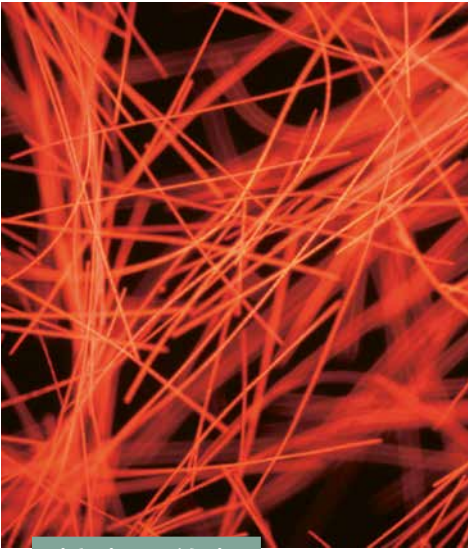
#### 30 **«La Suisse est très bien positionnée»**

La cheffe du SEFRI, Martina Hirayama, explique ses plans pour la science helvétique.



# 32

Limnologische Station der Universität Zürich



Biologie et médecine

**32 Quand le lac se colore en rouge**  
Un biologiste sillonne les flots pour étudier une algue: le sang des Bourguignons.

**34 Ce que ressentent les animaux**  
Les scientifiques interprètent les cris du cochon et le pouls de la chèvre.

**36 L'autopsie devient virtuelle**  
L'IRM aide à comprendre la cause de décès et à améliorer la qualité en médecine.

**37 Les poissons apprennent la sociabilité**  
**Les levures aggravent l'eczéma**  
**Les médecins doivent porter du blanc**

## En image

6  
Un Van Gogh dans le microscope

## Débat

8  
Doctorat: un travail comme un autre?

# 38

Urs Jaudas



Environnement et technique

**38 «Tout est connaissable»**  
Le physicien Didier Sornette analyse le monde, ainsi que sa vie privée.

**40 La vapeur, l'autre gaz à effet de serre**  
Des mesures de la vapeur d'eau dans l'air ont surpris les scientifiques.

**42 L'expérience Hemberg**  
Un village est simulé maison après maison pour tester la transition énergétique.

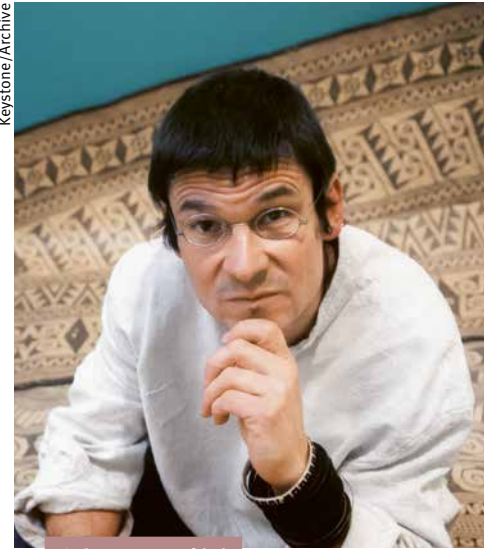
**43 Le secret du vol du bourdon**  
**Comment la neige agit sur la fonte des pôles**  
**Des cellules solaires étanches**

## Comment ça marche?

49  
Le zoo des drones suisses

# 44

Keystone/Archive



Culture et société

**44 Les petits secrets des sondages**  
Les projections électorales sont étonnamment précises, montre notre infographie.

**46 Entre authenticité et mise en scène**  
Biopics: la sortie d'un film sur Bruno Manser soulève des questions sur le genre.

**47 L'histoire des petites gens**  
Les témoignages directs ouvrent de nouvelles pistes en recherche historique.

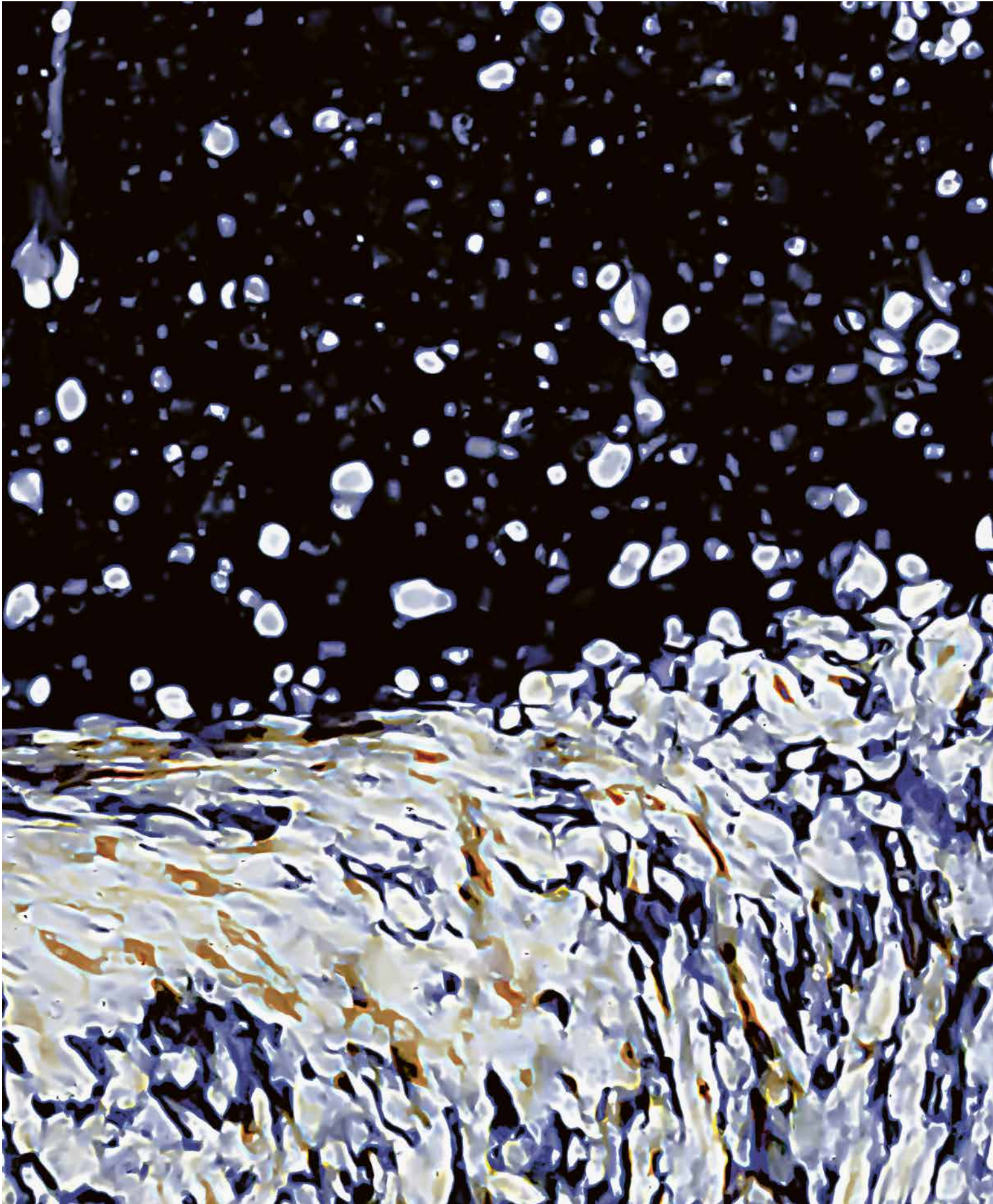
**48 Le masculin générique incompris**  
**Chambre funéraire près de la gare**  
**Parc Adula: la faute à la communication**

## En direct du FNS et des Académies

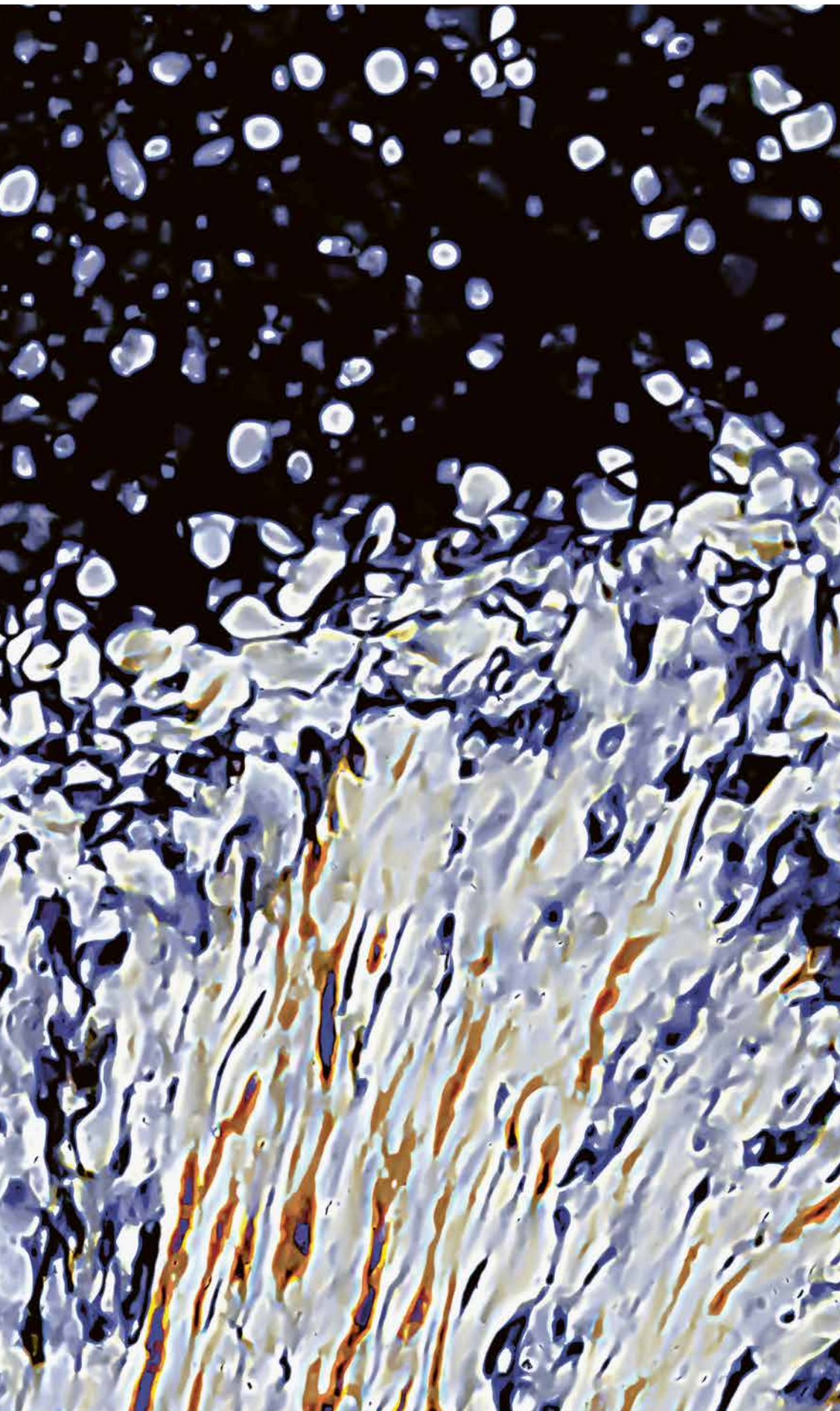
50  
Opinion: réformer les postes académiques

51  
Recherches audacieuses bienvenues









## Peinture nanotechnologique

«Un de mes collègues ne voulait pas croire qu'il s'agissait d'une photo. Il était convaincu que c'était une peinture.» Ce n'est pas l'art que Gwendoline Delepierre étudie à l'Université de Fribourg, mais des nanocristaux de cellulose. Elle a tout de même discuté avec son collègue pour savoir quel peintre aurait pu réaliser cette œuvre. Elle a ainsi rapidement trouvé un nom pour son cliché microscopique: nanocristaux de cellulose Van Gogh.

«La cellulose est le biopolymère le plus répandu sur notre planète. C'est pourquoi elle constitue une ressource renouvelable exceptionnelle, explique la jeune docteurante. En forme de bâtonnets, les nanocristaux s'organisent d'eux-mêmes, sans besoin d'un apport d'énergie. Ils s'arrangent dans des structures, à l'instar de celle qui est visible en bas de l'image. J'étudie comment, quand et pourquoi les cristaux forment de telles structures, notamment parce qu'elles génèrent des couleurs, sans pigments.»

D'ailleurs, l'échantillon de la photo apparaîtrait d'un bleu lumineux si on lui ajoutait du sel. La chimiste et spécialiste des matériaux dit aimer son travail, qui pourrait contribuer à fabriquer des matériaux aux couleurs vives et renouvelables.

La photo a été prise avec un microscope polarisant. «Pour moi, c'est comme s'il neigeait, comme si les cristaux ruisselaient et prenaient forme, ou comme si la cellulose constituait une vague projetant de l'écume.» Le cliché suscite de nombreuses associations. Tel l'art, il incite à faire une pause, stimule la réflexion et permet différentes interprétations. Cette œuvre d'apparence expressionniste résulte d'une technologie de haute précision. «Elle révèle les structures et leur beauté», explique Gwendoline Delepierre. Un vrai tableau nanotechnologique.

*Judith Hochstrasser*

Image: Gwendoline Delepierre (CC BY-NC-ND)



Oui,  
dit le professeur Volker Thiel.

## La thèse est-elle un emploi normal?

Obtenir son doctorat exige de longues années de recherches sur un sujet pointu, subir une pression continue et sacrifier ses soirées. Une thèse devrait-elle, au contraire, se dérouler plutôt comme un travail normal?



Non,  
dit Philip V'kovski, son ancien doctorant.

Photos: Valérie Chételat



Si l'on attendait davantage des doctorants que dans une profession réglementée, cela signifierait implicitement qu'il s'agit d'une profession non réglementée. Et qu'on ne travaille pas aussi dur dans les autres professions. Ce n'est pas exact: de nombreux métiers liés à des objectifs de carrière ambitieux demandent un engagement tout aussi important. Dans les deux cas, il faut respecter les bases légales, notamment le droit du travail.

La particularité des thèses est qu'elles constituent souvent le premier emploi régulier des étudiants. Ceux-ci sont hautement motivés et répondent à des exigences qu'ils se posent eux-mêmes. Ils veulent travailler de manière indépendante, innover et réussir. Une autre caractéristique tient à la nature même de la recherche: on aborde un territoire inconnu où il n'existe pas de mode d'emploi décrivant comment atteindre le but, contrairement à ce qu'on trouve dans les professions réglementées. Une expérience ratée peut rapidement créer une frustration; les doctorants y répondent souvent en travaillant encore davantage.

En outre, ils se trouvent en concurrence nationale et internationale avec d'autres

étudiants qui débutent avec les mêmes objectifs de carrière et deviendront par la suite des concurrents pour les rares emplois dans la recherche académique ou industrielle. Dans ce mélange de forte motivation, d'inquiétude pour l'avenir et d'exigences personnelles, les doctorants n'ont pas seulement souvent l'impression qu'ils devraient travailler plus durement: ils le font fréquemment.

### «Le voyage dans la recherche ne doit pas s'achever déjà avec le diplôme de doctorat.»

En tant que conseiller, je pense qu'il est important de réduire cette pression afin de protéger les doctorants contre eux-mêmes. Parce qu'ils fournissent un travail excellent. Ils assurent non seulement que notre recherche reste compétitive à un haut niveau international, mais constituent aussi la prochaine génération de scientifiques.

En règle générale, les promotions surviennent plus vite et plus aisément que les doctorants ne l'imaginent. Je me rappelle

avoir eu l'impression à l'époque de mon doctorat de ne pas assez progresser et de devoir compenser cela par mon travail. Mais trouver un bon équilibre de vie s'est avéré plus important. C'est cela qui m'a pris plus de temps que je le souhaitais. J'ai alors réalisé avec étonnement que je n'étais pas moins productif ou que je n'avais pas moins de succès lorsque je laissais assez de place à ma vie privée. Il est préférable de transmettre ce constat aux doctorants plutôt que des connaissances techniques. Il ne faut pas que le voyage dans la recherche s'achève déjà avec le diplôme de doctorat.

Volker Thiel a été le maître de thèse de Philip V'kovski. Professeur à l'Université de Berne, il dirige depuis 2014 le secteur virologie de l'Institut de virologie et d'immunologie. Il a fait son doctorat à l'Université de Würzburg (D).

Participer lors d'une thèse au processus de la recherche et pouvoir faire de sa passion son métier représente un privilège extraordinaire, qui exige des sacrifices extraordinaires.

Les jeunes chercheurs sont exposés à une forte concurrence. Ils visent un poste fixe dans une haute école, veulent publier les résultats de leurs recherches dans des revues de renom et se battent pour obtenir des subsides pour leurs projets. Les doctorants, non plus, ne peuvent se soustraire à cette compétition.

Car les premiers pas dans la recherche déterminent déjà la suite de la carrière, ce qui contraint les doctorants au succès. Ils doivent pouvoir présenter rapidement des résultats intéressants et de qualité. Qu'ils comparent évidemment avec ceux d'autres groupes de recherche du même domaine. Se mettre régulièrement la pression fait donc partie du boulot.

Une thèse n'est pas un travail ordinaire: par exemple, les échecs appartiennent au quotidien. Il faut donc des nerfs solides. Sur le chemin d'un doctorat, on doit sans cesse sortir de sa zone de confort; il convient de mener à bien des tâches multidisciplinaires en autodidacte et de

manière indépendante. Effectuer d'innombrables heures supplémentaires pour compenser le temps perdu sur des expériences ratées, cela fait quasiment partie du cahier des charges de l'emploi.

### «Les premiers pas dans la recherche déterminent déjà la suite de la carrière. Cela contraint les doctorants au succès.»

En définitive, un doctorat est une formation universitaire. Une école doctorale exige non seulement les connaissances théoriques et pratiques nécessaires à la thèse sur le thème choisi, mais inclut aussi la participation à une série d'examens universitaires, de séminaires scientifiques et de conférences.

Les doctorants exercent donc une profession plus exigeante que d'autres parce qu'elle relève de deux mondes antagonistes: ils ont déjà un pied dans la vie professionnelle et sa compétition, alors qu'ils se trouvent encore dans la vie d'étudiant.

Chercheurs indépendants, ils doivent faire leur place dans cet environnement inhabituel, poser les bases de leur carrière, créer leurs propres chances, saisir les opportunités et tisser un réseau de relations utiles pour leur avenir professionnel. Ces efforts valent-ils vraiment la peine? Oui, dans tous les cas!

Philip V'kovski a fait sa thèse de 2014 à 2018 à l'Institut de virologie et d'immunologie de l'Université de Berne dans le groupe de Volker Thiel, où il est maintenant chercheur postdoc. Il a auparavant étudié la biologie et les sciences biomédicales aux universités de Lausanne et d'Utrecht (NL).





## Zoom sur l'école

Des élèves de 7e année ont montré par la photographie ce qu'ils trouvaient beau et important dans leur établissement, l'école Möсли d'Ostermundigen près de Berne. Ce projet réalisé pour Horizons a été mené par l'enseignant Kaspar Loosli et avec les conseils du photographe Nicolas Zonvi. A découvrir dans les pages suivantes.

Photo: Kaspar Loosli, maître de classe





# Ecoles en mutation: un instantané

Les institutions scolaires se sont continuellement adaptées aux changements de la société et aux injonctions de la politique. Et, depuis peu, aux résultats d'innombrables recherches en pédagogie.



# L'instinct, c'est bien; les faits, c'est mieux

La science a déjà identifié les mesures qui améliorent l'apprentissage et les facteurs qui l'influencent, mais ces conclusions n'atteignent que trop rarement les salles de classe. Petit tour d'horizon de ce que la science sait de l'enseignement - et de ce que les écoles en font.

Par *Santina Russo*

L'école se trouve au cœur de nombreuses discussions et de bien des disputes. Enseignants, parents ou politiciens: tous ont une opinion sur ce qu'elle devrait être et devrait fournir à la société. Des convictions souvent pratiquement impossibles à ébranler, alors que chacun a le même objectif en tête: offrir le meilleur enseignement possible.

## L'étude monstre de John Hattie

La recherche en éducation a livré de très nombreuses connaissances sur la manière dont il faudrait organiser l'enseignement scolaire pour assurer le meilleur apprentissage. Mais «ces connaissances arrivent encore trop rarement jusqu'aux salles de classe», relève Wolfgang Beywl, chercheur à la Haute école pédagogique de la FHNW à Windisch (AG). Il observe un fossé entre la recherche et la pratique de l'enseignement qui reste difficilement franchissable d'un côté comme de l'autre. Pour lui, les débats dans le monde politique ne sont pas en phase avec les résultats de recherche.

Mais reprenons dans l'ordre. Pendant plus de vingt ans, le chercheur John Hattie a travaillé pour identifier les facteurs qui influencent la réussite de l'apprentissage chez les enfants et comprendre comment ils y parviennent. Ce Néo-Zélandais, qui enseigne aujourd'hui à l'Université de Melbourne, a évalué dans le cadre d'une étude monstre toutes les publications en anglais résumant les recherches sur la réussite scolaire: une méta-méta-analyse de 800 méta-analyses portant sur plus de 50 000 études conduites sur 250 millions d'élèves. En 2009, il a présenté ses résultats dans l'ouvrage «Visible Learning». «Cela a été un déclencheur», commente Wolfgang Beywl, qui a contribué à sa traduction en allemand et dont la recherche s'appuie sur les conclusions de John Hattie. Pour la première fois, la discussion sur la réussite scolaire des enfants et les facteurs qui y contribuent a été portée bien au-delà des écoles.

Depuis, la star néo-zélandaise de l'éducation a régulièrement complété ses résultats avec des analyses d'études plus

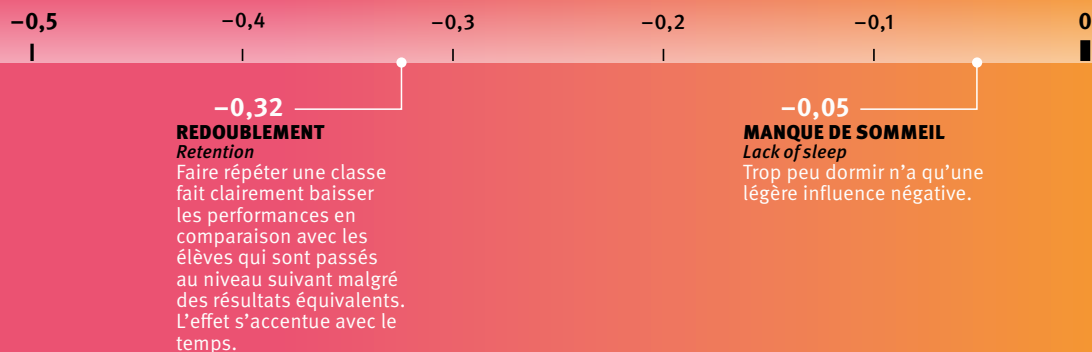
récentes. Entre-temps, plus de 1600 méta-analyses de 95 000 études ont été intégrées à son enquête. John Hattie y a identifié plus de 250 facteurs qui influencent l'apprentissage des élèves, en le stimulant ou en le freinant, et chiffré leur impact. Par exemple, les techniques d'apprentissage, la culture du feedback, les devoirs à domicile ou encore la clarté de l'enseignement.

## Les profs sont décisifs

L'analyse de John Hattie a livré des résultats inattendus, comme dans le cas des devoirs: ces derniers n'aident en rien les enfants à apprendre, tout au moins pendant les premières années d'école. Ce n'est qu'au degré secondaire post-obligatoire (en Suisse dès 15 ans) qu'ils peuvent éventuellement s'avérer utiles. «Mais là encore, tout dépend de la manière dont ils sont conçus et si les élèves reçoivent un feedback utile», souligne Wolfgang Beywl. Un impact étonnamment faible est également apparent pour d'autres facteurs liés aux structures scolaires et aux ressources, telle la taille de

## CE QUI AIDE ET CE QUI NUIT

Le spécialiste de l'éducation John Hattie étudie depuis des décennies les facteurs qui influencent les acquis de l'apprentissage. Il a synthétisé en tout 1600 méta-analyses regroupant un total de 95 000 études individuelles qui ont porté sur 300 millions d'élèves au total. Il a ainsi quantifié les impacts positifs et négatifs de plus de 250 facteurs, dont nous présentons ici une sélection. Ils sont exprimés par la différence normalisée des acquis entre les groupes d'élèves ayant été exposés à un facteur et les groupes de contrôle. Un effet est considéré comme visible à partir de 0,4 point.





la classe ou encore à quel point la répartition des enfants en différentes filières se fait de manière stricte.

A l'inverse, John Hattie a mis en évidence qu'une centaine de facteurs déterminants pour le succès étaient liés à ce qu'on appelle les pratiques d'enseignement, c'est-à-dire les méthodes et les actions déployées par l'enseignant pendant les cours. «Cela a clairement démontré et de manière empirique que le comportement de l'enseignant en classe est décisif», commente Wolfgang Beywl. Et que la différence que peuvent faire les enseignants est considérable: environ un tiers de la réussite de l'apprentissage chez les enfants dépend de leur comportement.

Evidemment, ces travaux ont également été critiqués. «Il a commis quelques erreurs de calcul», note Wolfgang Beywl, un fait peu étonnant au vu de l'immense volume de données étudiées, à l'instar des valeurs moyennes simplifiées. John Hattie a par la suite corrigé ces erreurs avec Wolfgang Beywl.

### Généralisations difficiles

Les conclusions de cette étude et de bien d'autres travaux n'ont quasiment pas atteint la pratique, à savoir les enseignants dans les salles de classe. Une raison est que les résultats de recherches en éducation n'ont pas la même universalité que ceux des sciences naturelles. «L'expérience montre qu'ils ne peuvent souvent presque pas être généralisés, car ils sont très marqués par un contexte donné», explique Stefan Wolter, directeur du Centre suisse de coordination pour la recherche en éducation à Aarau. Les résultats issus d'un pays ne sont guère transposables dans d'autres, et une mesure concrète qui, selon une étude, fonctionne bien dans certains établissements peut s'avérer complètement inefficace ailleurs.

D'autres problèmes viennent s'y ajouter. «Les chercheurs en éducation ont rarement la possibilité de suivre des protocoles d'études vraiment solides», explique Stefan Wolter. Notamment inclure un nombre significatif de classes réparties au hasard entre groupes d'intervention et de contrôle, la mesure étant testée dans le premier groupe et l'enseignement normal continuant d'être dispensé dans le second. Mais dans la réalité, le fait que des écoles participent aux études sur une base volontaire au lieu d'être sélectionnées de manière aléatoire induit déjà des biais systématiques.

«Je vois grandir une réticence vis-à-vis de la collecte de données.»

Wolfgang Beywl

La Suisse a tout de même connu des études conduites avec des groupes de contrôle comparables, dont les élèves avaient des caractéristiques telles que l'âge, le sexe ou encore l'origine sociale similaires à celles des classes d'intervention. Urs Moser, chercheur en éducation à l'Université de Zurich, en a mené quelques-unes auprès de toutes les écoles d'un même canton.

Mais les études qui n'ont pu procéder à une sélection faite au hasard produisent des résultats susceptibles d'être entachés de variables perturbatrices. Car les influences dans l'apprentissage sont très nombreuses - rien que le quartier où grandit un enfant a un impact. «Il est impossible de contrôler (compenser, ndlr) complètement de tels facteurs extrascolaires ou de les mettre parfaitement en évidence dans les données», souligne Urs

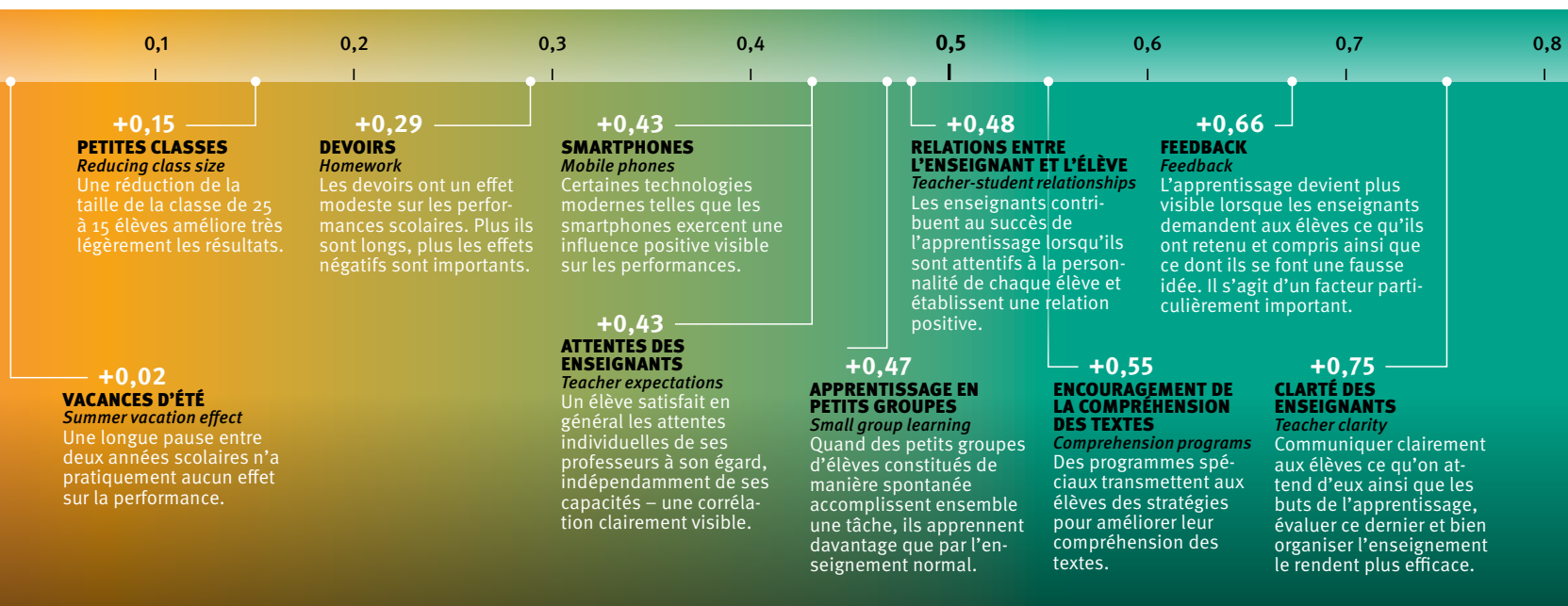
Moser. Dans ces conditions, il est difficile d'émettre des conclusions de portée vraiment générale.

### Analyser sa propre pratique

Un élément essentiel ressort des travaux d'Hattie: chaque enseignant tient entre ses mains de nombreux facteurs importants pour la qualité de ses cours. Mais en tirer profit exigerait de se fier moins à son intuition et de vérifier davantage l'impact de ses leçons, en générant ses propres données. C'est là le gage d'une amélioration systématique.

Wolfgang Beywl et son groupe de recherche s'efforcent de familiariser le corps enseignant avec cette idée et ont développé à son intention un ensemble d'outils («Lehren und Lernen sichtbar machen», une référence aux travaux de John Hattie). Par exemple, une marche à suivre explique comment instaurer la bonne culture du feedback: les retours (reçus et donnés par les élèves) doivent être fréquents et constructifs, l'un des facteurs clés identifiés par John Hattie. Il ne s'agit pas là d'un questionnaire remis en fin d'année aux élèves pour qu'ils y notent leurs enseignants, un simple feedback rétrospectif, souligne Kathrin Pirani, chercheuse dans le groupe de Wolfgang Beywl et enseignante d'anglais, mais d'évaluer l'environnement d'apprentissage sur le moment et d'obtenir des améliorations.

Luise est un autre instrument pour aider les enseignants à améliorer leurs cours. Il les invite à analyser des problèmes concrets issus de leur propre enseignement, à tester des mesures pour les résoudre et à en évaluer l'efficacité en recueillant des données. (Son adaptation en français porte le nom de EEVE.) Cela permet de faire évoluer l'enseignement sur la base de preuves, explique Kathrin Pirani, qui dirige chaque année cinq ou six



formations continues basées sur cet outil. «Les enseignantes et les enseignants peuvent suivre l'évolution de leurs leçons et les adapter de manière ciblée en fonction de ce dont les élèves ont besoin pour faire des progrès.»

### Trop peu d'enseignants touchés

Mais transmettre ce type d'outils reste difficile, et seule une minorité d'enseignants est atteinte pour l'instant. Si environ 800 d'entre eux ont appris à utiliser la méthode Luuise dans le cadre d'une formation continue et l'ont diffusée en partie dans leurs classes, la Suisse dénombre plus de 40 000 enseignants dans les écoles primaires. Les chercheurs veulent en former davantage. «Nous publions des articles dans des revues professionnelles et menons des projets pilotes dans des établissements scolaires pour tester les instruments et les diffuser», détaille Wolfgang Beywl. L'idée est aussi d'intégrer davantage Luuise dans la formation initiale. C'est déjà le cas à la Haute école pédagogique de Berne, dans les cours de didactique de l'anglais et du français. D'autres disciplines devraient suivre.

Dans sa recherche laborieuse d'écoles voulant participer à ces projets, Wolfgang Beywl constate un fossé entre recherche et pratique: «Je vois grandir une réticence vis-à-vis de la collecte de données», qu'il dit compréhensible au vu de l'essor du monitoring au cours des vingt dernières années et dont les écoles n'ont pas retiré de bénéfice. Car les grandes enquêtes comme l'étude PISA ou la vérification de l'atteinte des compétences fondamentales (COFO) dans toute la Suisse travaillant avec des données sont anonymisées et des classements faits par les pays. Les écoles, elles, ne savent donc pas quels résultats elles

ont obtenus «et ne retirent aucun gain de connaissances de leur contribution», selon Wolfgang Beywl.

L'analyse est partagée par Beat Schwendimann du LCH, l'association faîtière des enseignants de Suisse alémanique: «Dans le cas de Pisa, mais aussi dans nombre de projets de recherche des hautes écoles pédagogiques et des universités, les écoles ne reçoivent aucun retour qui puisse leur être utile.» Il dit souhaiter que la communication des résultats dès le début devienne une évidence pour les projets de recherche. L'important pour les chercheurs en éducation ne serait pas uniquement de publier les résultats dans des revues spécialisées, mais aussi d'assurer leur transfert, par exemple à travers des revues destinées aux enseignants, des ateliers ou encore le développement d'instruments.

«Les écoles ne reçoivent aucun retour qui puisse leur être utile.»

Beat Schwendimann

Pour Urs Moser aussi, des efforts supplémentaires sont nécessaires afin d'amener la recherche dans les écoles et de les motiver à adopter des méthodes fondées sur les preuves. Il dit toujours communiquer les résultats de ses études aux établissements scolaires en expliquant la manière dont les conclusions peuvent être appliquées dans le développement de l'école ainsi que les modalités qui permettent aux enseignants de les exploiter à titre personnel. A l'instar de son collègue Wolfgang Beywl, il développe des instruments que les enseignants et les élèves utiliseront directement pour

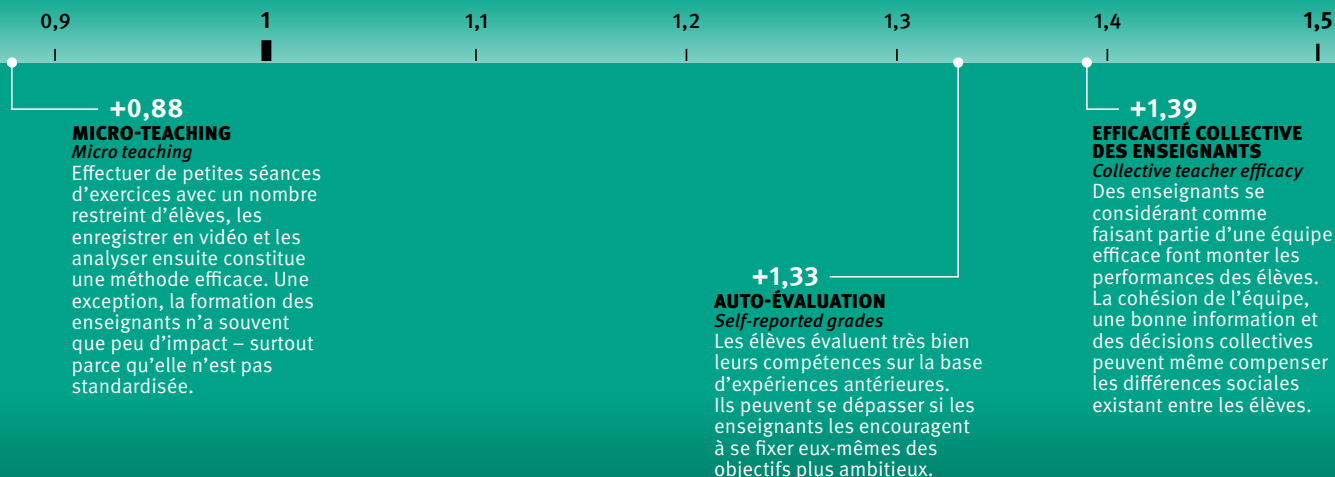
tirer des conclusions à partir des données, à l'image du logiciel Mindsteps qui rend visibles les progrès d'apprentissage. «Lorsqu'un outil est facilement accessible et utile, les enseignants se montrent très intéressés et désireux d'en apprendre davantage grâce à lui.»

### Le politique se trompe de cible

Les autorités éducatives et politiques sont les acteurs les plus importants: elles décident en fin de compte de l'aménagement global de l'école. Et elles n'intègrent pas assez les connaissances scientifiques, avance Wolfgang Beywl, menant au contraire des discussions sur les mauvais sujets. Comme les questions structurelles, par exemple sur la sélection en différents niveaux scolaires, qui dominent les discussions politiques depuis plusieurs décennies. «Alors que nous savons par John Hattie que cette différenciation par niveaux n'influence pratiquement pas la réussite de l'apprentissage!» rappelle Wolfgang Beywl.

Pour lui, il serait bien plus judicieux de chercher des possibilités de réduire un peu la charge de cours des profs afin de dégager du temps pour assurer le développement de leur enseignement. Et notamment appliquer les connaissances issues de la recherche, collaborer avec des spécialistes scientifiques et contribuer à l'élaboration d'instruments de collecte des données. Bref, du temps pour améliorer leur enseignement, tout simplement.

Santina Russo est journaliste scientifique indépendante à Zurich.







*«J'ai simplement vite pris la photo. Je trouve marrant que les deux aient le même pied en avant.»*

Photo: Pema. Sur l'image: Anastasia et Debora. Les élèves d'une classe de 7<sup>e</sup> année à Ostermündigen (BE) ont pris ces photographies et celles des pages suivantes.



*«Nous avons essayé différentes perspectives. En fait, nous préférons la photo prise d'en haut, pas celle-ci prise par le bas.»*

Photo: Debora et Pema. Sur l'image: Anastasia



# «Je conçois l'enseignement comme un dialogue»

La méthode Luuise de la FHNW permet aux enseignants d'évaluer leurs cours et de les améliorer en se fondant sur des données. L'enseignant de biologie Marcel Hatt l'a introduite au gymnase de l'Oberland zurichois. Il nous explique pourquoi elle l'a convaincu.

*Propos recueillis par Santina Russo*

## Après avoir découvert la méthode Luuise, vous l'avez mise en œuvre dans votre établissement. Pourquoi?

Je dirige chez nous le groupe de travail sur l'assurance qualité. J'ai tout de suite trouvé cet instrument intéressant parce qu'il présente une utilité directe dans le quotidien scolaire. Les discussions sur ce qui fait un bon enseignement m'interpellent depuis toujours. C'est aussi lié à l'image que je nourris de mon métier: je ne me vois pas comme un professeur auquel on doit obéir; je conçois au contraire l'enseignement comme un dialogue avec les élèves. Cette passion pour des cours basés sur le partenariat et mes débuts parfois épineux m'ont incité à rester dans le groupe de travail. Lorsque les gymnases zurichois ont reçu des directives en matière de qualité voilà dix-huit ans, le sujet était impopulaire parmi les enseignants.

## Pourquoi?

Un grand nombre d'entre eux avaient l'impression qu'on leur imposait une charge supplémentaire faisant juste partie d'une réforme et n'apportant rien au quotidien. Ce scepticisme est lié principalement à nos ressources limitées et je le considère comme tout à fait compréhensible. C'est précisément pour cela que je voulais développer des projets en matière de qualité qui apportent un avantage tangible par rapport au temps investi. A l'instar de Luuise qui s'appuie directement sur le quotidien des enseignants et les aide de manière très directe.

## Un exemple?

Cet instrument permet d'aborder des difficultés rencontrées pendant les cours. Un



Les élèves peuvent et doivent participer activement à l'amélioration des cours, selon l'enseignant Marcel Hatt. Il suffit de les impliquer en leur posant des questions.

exemple tiré de mon gymnase: une classe éprouvait régulièrement du mal à démarrer la résolution autonome de certaines tâches. Une des enseignantes a émis l'hypothèse que certains élèves ne savaient pas de quelle façon s'y prendre pour commencer leur travail et qu'une structuration des tâches pourrait les aider. En se basant sur Luuise, elle a développé une visualisation de l'amorce du travail.

## Concrètement?

C'est quelque chose de très simple: les élèves disposent sur leur pupitre des papiers de trois couleurs qui correspondent aux étapes nécessaires pour le démarrage du travail: un jaune indique qu'ils ont réuni les matériaux nécessaires, un vert qu'ils ont compris la tâche et un bleu qu'ils ont commencé à la résoudre ou identifié le moment où ils se trouvent bloqués en termes de contenu. L'enseignante compte rapidement ces papiers pour repérer combien d'élèves ont atteint telle ou telle étape.

## Cette simple mesure a-t-elle fonctionné?

Oui, la classe est parvenue à amorcer de plus en plus rapidement le travail autonome. La discussion des résultats avec les

élèves constitue un point important dans ce processus. L'enseignant demandera par exemple: de quoi avez-vous besoin pour que ça marche encore un peu mieux? Cette question transfère la responsabilité de l'enseignant aux élèves, de sorte que ces derniers puissent et doivent participer de manière active. Procéder ainsi a quelque chose d'encourageant: nous reconnaissons et honorons ce qui fonctionne déjà bien, et nous entamons une conversation sur ce qui nous permettrait d'avancer encore ensemble.

## En dirigeant des formations continues Luuise, vous voyez des exemples amenés par d'autres enseignants. En profitez-vous à titre personnel?

Oui, je crois. J'ai remarqué que le travail avec cette méthode avait modifié mon comportement dans la communication à l'école. Je thématise les problèmes plus tôt et demande plus souvent ce que je peux faire pour épauler les élèves. Cela désamorce beaucoup de situations potentiellement pénibles avant même qu'elles ne se mettent en place. Et je passe en général plus vite au méta-niveau. Ces changements sont intervenus spontanément, grâce à la réflexion induite par Luuise.





**«J'ai trouvé que ça donnait bien avec la lumière du soleil et les stores. J'y vais volontiers: le sport, ça fait plaisir.»**

Photo: Gonçalo



**«On trouve plein d'objets, plein de détails dans la salle de sciences naturelles. Cette branche est plus intéressante que le français.»**

Photo: Armin, Alban et Denis



# Répondre à toutes les attentes

L'école est devenue un condensé de la société. Tout en se vouant à l'apprentissage, elle doit faire face à un nombre croissant d'exigences multiples, qui s'invitent dans les salles de classe et les préaux.

Illustration: Andrea Peter, texte: Judith Hochstrasser



- 1 Intégrer tous les enfants** – L'école doit inclure tous les élèves, qu'ils ne parlent pas la langue ou se trouvent en situation de handicap. Le soutien intégratif et l'enseignement du français comme deuxième langue les accompagnent dans la classe et en dehors.
- 2 Des profanes en classe** – Des non-professionnels tels que des seniors ou des civilistes assistent les enseignants pendant les cours.
- 3 Nouvelles technologies** – Les enfants doivent apprendre à gérer les nouvelles technologies, comme avec le robot

Bee-Bot qui montre de manière ludique le fonctionnement d'un algorithme.

- 4 Toujours meilleurs** – La pression du politique et des hautes écoles se fait déjà sentir à l'école primaire. Enquêtes PISA et épreuves cantonales de référence comparent les performances entre pays, régions et même classes individuelles.
- 5 Egalité des chances** – Les notes persistent, mais la sélection continue de se faire en fonction de l'origine sociale et non des capacités réelles des élèves, dénoncent les spécialistes.

**6 Evaluation continue** – Les responsables scolaires se sont professionnalisés. Les directions d'établissement donnent des feedbacks aux enseignants; des organismes publics externes viennent évaluer les écoles.

**7 Coordination accrue** – Les enseignants doivent se coordonner avec les éducateurs spécialisés, les psychologues, les médiateurs ou encore les travailleurs sociaux.

**8 Pression des médias** – L'éducation représente un sujet de société toujours sensible. Des questions internes aux





établissements, comme le rapport à la religion, à la nourriture ou aux réseaux sociaux, font vite les gros titres dans tout le pays.

**9 Développement individuel** – Les enseignants doivent satisfaire à toujours plus d'exigences. Cela implique, entre autres, formations continues, feedbacks et processus d'introspection.

**10 Horaire continu** – De nombreux cantons ont rendu obligatoires les structures d'accueil parascolaires afin de s'adapter aux évolutions de l'organisation familiale et professionnelle.

**11 Mieux lire** – La promotion des compétences de lecture est devenue un objectif prioritaire, car le niveau baisse en Suisse, selon les enquêtes PISA.

**12 Promotion de la santé** – Des initiatives encouragent les enfants à bouger davantage et à manger de manière équilibrée – certaines évaluent l'indice de masse corporelle (IMC) des élèves.

**13 Programmes spéciaux** – Du cirque à la ferme, en passant par l'astronomie, des semaines thématiques développent de nouveaux types de compétences non couvertes par le curriculum standard.

**14 Parlez à mon avocat!** – Les notes ne sont pas toujours acceptées par les parents. Certains discutent, réclament et empruntent même parfois la voie judiciaire.

**15 Prendre ses responsabilités** – Avec le «peer-mentoring», des enfants plus âgés font office de médiateurs ou de samaritains dans la cour d'école.

Conseils: Jürg Schoch, de l'institut Unterstrass à Zurich.



# Cinquante ans de réformes

Le système éducatif suisse semble être en perpétuel changement. Certains saluent des adaptations attendues depuis longtemps, d'autres dénoncent une «réformite» chronique. Résumé des sept réformes récentes les plus importantes, de leur impact et de leurs critiques.

Par Katharina Rilling

## ÉCOLES GLOBALES

### Coéducation et décroisement

#### ORIGINES

Dans le sillage du mouvement de Mai 68, avec ses critiques des institutions et ses débats sur l'éducation autoritaire, les écoles publiques se sont retrouvées toujours davantage sous pression. Notamment en raison des pratiques de sélection: «Un thème dominant était l'égalité des chances», souligne Lucien Criblez. Une solution possible semblait résider dans le concept d'écoles globales («Gesamtschulen» en allemand) qui inclut notamment la coéducation: les élèves en avance et ceux en retard apprennent côte à côte et les uns des autres.

années  
**1970**

#### IMPACTS

Ce sont avant tout des modèles coopératifs qui se mettent en place dans les années 1990. Les élèves sont placés dans une classe qui correspond à leur niveau, mais suivent certaines branches dans des groupes soumis à des exigences différentes. Il s'agissait de faciliter le passage entre différentes voies scolaires telles que les sections générales et le secondaire supérieur. La décision d'offrir ou non des établissements de ce genre reste du ressort de chaque canton. Les avis des pédagogues sur leur impact sont partagés: certains soulignent que les élèves ayant des difficultés scolaires doivent bénéficier d'un soutien particulier. D'autres estiment qu'ils tirent les bons vers le bas. «Les réformes structurelles de ce type n'ont eu qu'un impact limité, tranche Urs Moser, car on sait que les performances scolaires sont largement indépendantes des structures scolaires.» Mais on ne saurait parler d'échec: «En général, une plus grande perméabilité entre les différents degrés réduit les inégalités sociales.»

## MATURITÉ PROFESSIONNELLE

### Valorisation de l'apprentissage

#### ORIGINES

A partir des années 1950, l'économie a éprouvé toujours plus de difficultés à recruter des ingénieurs bien formés. Les bons élèves préféraient le gymnase à l'apprentissage, si bien que deux décennies plus tard, les écoles techniques supérieures ont elles aussi commencé à noter un problème de relève, alors que les hautes écoles traditionnelles envisageaient des restrictions d'admission. De cette concurrence est née l'idée de la maturité professionnelle, ancrée dans la loi au milieu des années 1990.

années  
**1990**

#### IMPACTS

La maturité professionnelle a redoré l'image de la formation professionnelle. Elle l'a rendue plus attrayante pour les écoliers doués et motivé les entreprises à ouvrir davantage de places d'apprentissage. En quelques années, une offre complète est apparue. Avec la maturité professionnelle et les hautes écoles spécialisées au degré tertiaire, la formation professionnelle a été nettement revalorisée. «Le nombre de personnes au bénéfice d'une formation supérieure a également augmenté au cours des dernières années», note Urs Moser.

## HAUTES ÉCOLES PÉDAGOGIQUES

### Enseigner s'apprend au tertiaire

#### ORIGINES

«Les écoles ont connu après la Deuxième Guerre mondiale une importante pénurie de personnel qui s'est beaucoup aggravée dans les années 1960, explique Lucien Criblez. Des mesures ont été prises pour former plus d'enseignants.» Depuis lors, d'innombrables travaux proposent des concepts, contenus et recommandations sur la formation des enseignants. On pensait en effet qu'un métier aussi exigeant nécessitait une formation particulièrement solide et attrayante. Mais c'est seulement au début des années 1990, avec l'augmentation de la mobilité au sein du pays et l'intégration européenne, qu'une pression croissante a conduit à certains changements. «L'idée était d'empêcher la discrimination des diplômés suisses à l'étranger», précise Lucien Criblez.

Années  
**1990**

#### IMPACTS

Jusqu'aux années 1990, la formation des enseignants se faisait souvent dans les séminaires pédagogiques. «La nouveauté a consisté à passer à une formation reposant sur des bases scientifiques, note Urs Moser. Les critiques exprimées sur un manque de lien avec la pratique étaient infondées: la dimension pratique dans les hautes écoles pédagogiques n'a pas diminué.» On a dénoncé l'académisation de la profession, notamment pour le travail dans les jardins d'enfants. «Certains regrettaient les petites institutions de formation, remplacées par les hautes écoles de grande taille, ajoute Lucien Criblez. On voulait que la personnalité des futurs enseignants se développe encore à un âge où ils sont toujours malléables.» «La réforme a depuis été mise en œuvre avec succès», tranche Urs Moser.



«L'école inclusive épuise les profs», titrait un journal. «Stoppez la réforme!» scandait un parti. Beaucoup de critiques, d'agitation et de déception ont accompagné les réformes du système éducatif ces deux dernières décennies, de la maturité professionnelle à Harmos. Leur intensité aurait-elle pu porter préjudice à l'éducation?

Prenant le contre-pied, Urs Moser, directeur de l'Institut pour l'évaluation de l'éducation à Zurich, répond à ces interrogations par une autre question: «Peut-on vraiment être contre une éducation précoce, une formation équitable, ou une harmonisation entre les cantons?» Il admet néanmoins

que les adaptations ont été depuis 2000 particulièrement nombreuses, une cascade provoquée par la quasi-stagnation qui régnait auparavant: «La Suisse n'a osé regarder au-delà des frontières qu'à partir des années 1990, par exemple à travers des comparaisons internationales des résultats scolaires comme PISA.» Ce qui a montré que tout ne fonctionnait pas parfaitement.

Les réformes sont nécessaires, selon Lucien Criblez, historien de l'éducation à l'Université de Zurich: «Quand la société change, l'éducation doit s'adapter. Mais mettre en évidence les effets des réformes est ardu lorsqu'elles se succèdent avec un

rythme trop soutenu.» Il est difficile de prouver que c'est une réforme - ou un autre facteur - qui aura amené des élèves à mieux compter. Un constat partagé par Urs Moser, qui réalise de nombreuses études d'impact.

Toute réforme soulève des problèmes qui génèrent des critiques, s'accordent à dire les deux chercheurs. «Sur le court terme, ces effets indésirables sont perçus comme très graves, analyse Urs Moser. Mais sur le long terme, on remarque que bien des choses ne changent pas. L'éducation ne s'est certainement pas dégradée à cause des réformes et de l'augmentation des exigences. Elle s'est plutôt améliorée.»

## PÉDAGOGIE SPÉCIALISÉE

### Inclure tous les élèves

#### ORIGINES

«Dès les années 1990, il est apparu de manière évidente que les enfants éprouvant des difficultés scolaires étaient moins stimulés dans les classes spéciales que dans les classes ordinaires, explique Urs Moser. Leurs chances de s'insérer plus tard dans le marché du travail étaient plus faibles.» Ce constat a conduit à l'approche intégrative de la pédagogie spécialisée. Cette dernière suit également les précédentes réorganisations des écoles, qui devaient assumer davantage de responsabilités et s'aligner sur les besoins des enfants.

# 2007

#### IMPACTS

Les classes spéciales et à effectifs réduits ont disparu petit à petit, suite à l'accord intercantonal sur la pédagogie spécialisée de 2007. Enfants calmes ou turbulents, avec des besoins spéciaux ou non: tous apprennent dans une même classe. «Dissoudre les classes spéciales et exiger davantage d'intégration, voilà qui était radical, analyse Urs Moser. Cela constitue en fait la seule réforme de ces dernières années qui ait été particulièrement audacieuse et qui ait exigé un changement de mentalité dans l'école.» Le scepticisme était grand: une partie des pédagogues, soutenus par le Syndicat des services publics, prophétisaient que la réforme représenterait une charge de travail supplémentaire que les écoles ne pourraient assumer. Selon eux, une baisse de performance des enfants dits «normaux» était inévitable. Il est difficile de dire si c'est le cas. L'intensité du débat public a en tout cas fortement diminué.

## HARMOS

### Moins de cantonalisme

#### ORIGINES

«La population en Suisse est devenue de plus en plus mobile, explique Lucien Criblez. Pour que les enfants et les enseignants puissent changer sans heurt d'établissement, il fallait harmoniser les systèmes éducatifs cantonaux. Il ne devait plus y avoir de risque de pénalisa-

tion dans sa scolarité à cause d'une organisation décentralisée.» La votation du 21 mai 2006 modifiant les articles de la Constitution sur la formation a avalisé la réforme par une majorité écrasante de 85,6%.

# 2009

#### IMPACTS

Avec Harmos («Harmonisation de la scolarité obligatoire»), les cantons sont tenus de définir au niveau national les éléments fondamentaux du système éducatif: l'âge d'entrée à l'école, la durée de l'école obligatoire, les conditions de passage entre différentes voies, ou encore les principaux objectifs des degrés scolaires. Ceux-ci ont été coordonnés dans les régions latines par le Plan d'études romand et en Suisse alémanique par le Lehrplan 21.

Le résultat net de la votation n'a pas évité craintes et critiques. On a parlé du démantèlement de l'éducation et de l'intrusion de bureaucraties. Pour certains, l'obligation d'envoyer les petits à l'école enfantine revenait à les priver de leur enfance. Pour d'autres, les élèves se verraient dépassés par l'apprentissage de deux langues étrangères au degré primaire. Les cantons se sont, eux, sentis menacés dans leur autonomie. L'harmonisation n'était pas très harmonieuse.

«Les études scientifiques sur l'impact de deux langues étrangères au primaire ont apporté des résultats divergents, relève Urs Moser. Mais deux choses sont relativement claires: d'un côté, les enfants plus âgés apprennent plus rapidement les langues étrangères que les

plus jeunes. De l'autre, la maîtrise maximale d'une langue sera d'autant plus grande que son apprentissage aura commencé tôt.»

Aujourd'hui, les réticences à propos d'Harmos semblent largement caduques. «Les avancées réalisées au cours d'une période de six ans seulement sont considérables», estimait en 2015 la Conférence suisse des directeurs cantonaux de l'instruction publique. De fait, l'importance revêtue par l'harmonisation de l'école obligatoire n'a jamais été aussi grande qu'aujourd'hui. Permettre le passage sans heurt d'une école à l'autre est un objectif désormais atteint. «Un effet négatif réside néanmoins dans la charge de travail générée par la mise en œuvre de la réforme», note Lucien Criblez.

## «Quand la société change, l'éducation doit s'adapter.»

Lucien Criblez

### LEHRPLAN 21

## Des connaissances aux compétences

### ORIGINES

Suite à Harmos, les cantons romands et le Tessin ont développé le Plan d'études romand. Les 21 cantons alémaniques et bilingues ont adopté le Lehrplan 21, publié officiellement en 2015. Chaque région s'est engagée à réformer ses programmes scolaires et à les mettre en œuvre collectivement. Ces curricula doivent assurer des objectifs comparables dans toutes les disciplines, tout en laissant aux cantons la possibilité de les adapter.

# 2015

### IMPACTS

Ces plans dressent avant tout un tableau des compétences de base que les élèves doivent acquérir. Les critiques sur le Lehrplan 21 foisonnent: trop d'aptitudes à développer, pas assez de contenus clairement définis. «On y a associé bien des choses qui n'étaient pas prévues, comme l'apprentissage autonome ou l'évaluation permanente de la formation», relève Urs Moser. De fait, le Lehrplan 21 reprend maints éléments qui figuraient déjà dans des documents antérieurs. Ceux-ci ont constitué une source d'inspiration importante lors de son élaboration. De nombreux supports pédagogiques existants peuvent continuer à être utilisés, et la liberté du choix des méthodes des enseignants n'est pas affectée.

### DIGITALISATION

## Pas de révolution high-tech

Apprentissage sur Youtube? La fin des maths, prises en charge par les ordinateurs? Difficile de prédire dans quelle mesure le numérique va changer le système éducatif. «Le débat sur la haute technologie sera le thème dominant des dix prochaines années, selon Lucien Criblez. Mais il serait naïf de croire que l'on peut changer l'éducation à travers les médias d'enseignement.» Pour Klaus Rummler de la Haute école pédagogique de Zurich, «l'accès à Internet dans tous les établissements représente avant tout une innovation en termes d'infrastructure».

# futur

Il est clair que le programme scolaire devra davantage s'adapter pour préparer les élèves à la société numérique. Sa collègue Sarah Genner, spécialiste des nouveaux médias, énumérait dans la NZZ les savoir-faire à développer: la réflexion critique face à des sources numériques, des compétences dans la communication en ligne, des notions de sécurité des mots de passe et la compréhension des enjeux liés à la vie privée numérique et à la distraction numérique constante. Elle se disait confiante: avec son système de formation dual, la Suisse posséderait un immense avantage comparatif: «La maîtrise des dernières technologies propres aux différents métiers et secteurs peut s'apprendre sur le tas, écrit-elle. Les efforts sont là: les plans d'études ont introduit des modules portant sur les médias numériques.» La formation constitue d'ailleurs un axe prioritaire du nouveau Programme national de recherche «Transformation numérique», géré par le Fonds national suisse.



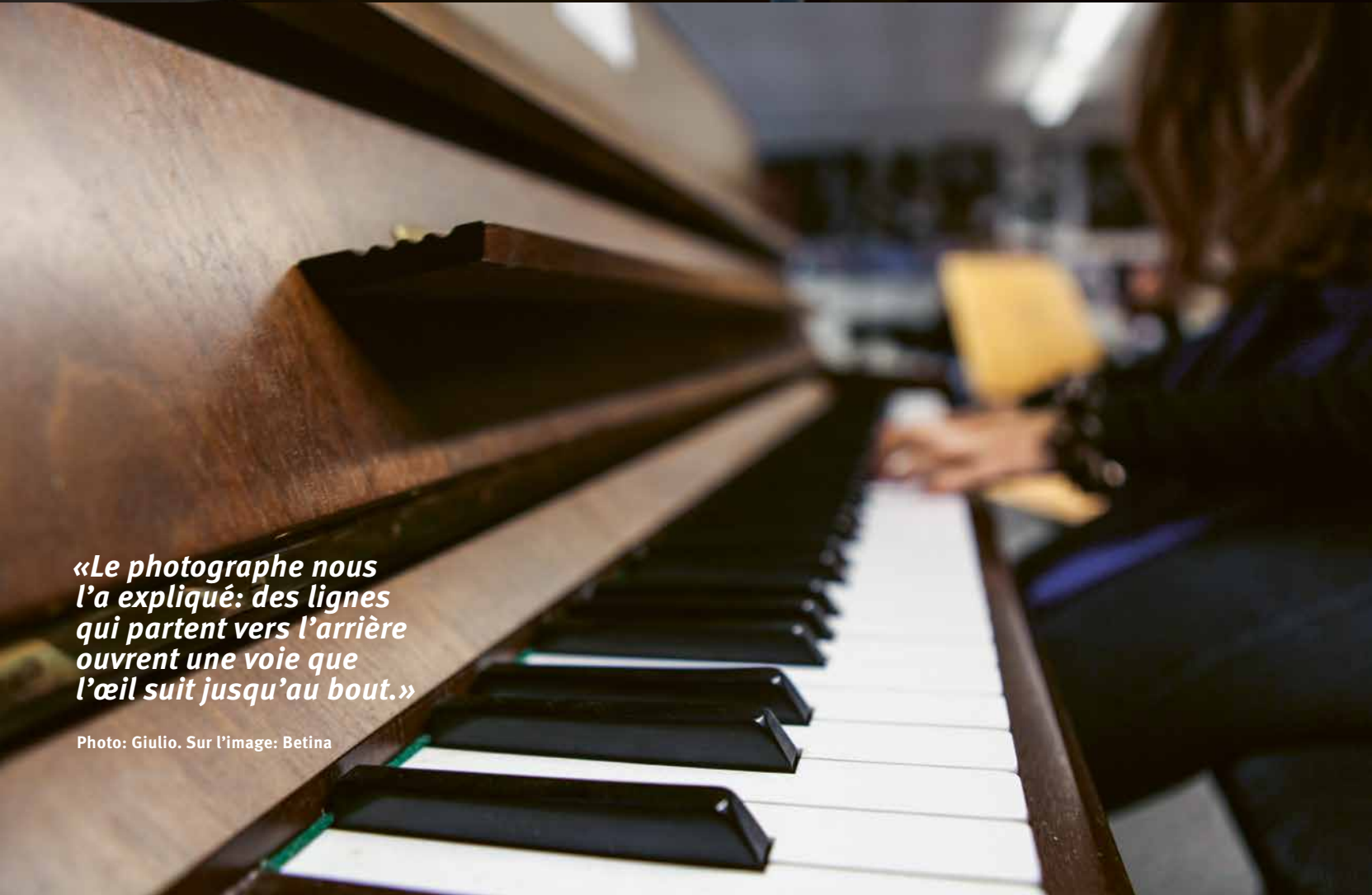
*«Régler la lumière et cadrer était difficile. Et quand j'ai reculé pour qu'on les voie mieux, le soleil était trop haut.»*

Photo: Mélék. Sur l'image: Michael et Levin



*«Le photographe nous l'a expliqué: des lignes qui partent vers l'arrière ouvrent une voie que l'œil suit jusqu'au bout.»*

Photo: Giulio. Sur l'image: Betina



## INTERVIEW

## «Ce ne sont plus des beaux textes»

Lea Kloos



Heidi News: tel est le nom d'un nouveau média romand en ligne lancé le 2 mai 2019. Les rubriques y sont des «Flux» et le premier se consacre à la science - un choix atypique. Il compte quelque 2000 abonnés (coût: 160 francs par an). Olivier Dessibourg, cofondateur et rédacteur en chef adjoint, voit l'avenir avec optimisme.

**Comment va Heidi News?**

Très bien. C'est comme une source qui déborde: nous avons plein d'idées et d'entrain.

**La dizaine d'articles publiés chaque jour combine contenus originaux et reprises d'autres médias. Pourquoi ce mélange?**

La rédaction est semblable à un radar qui capte les bruits venant du monde scientifique. Nous approfondissons les nouvelles les plus fortes, ce qui envoie un signal fort. Les nouvelles plus faibles sont retransmises telles quelles - un tweet peut parfois suffire. Nous nous voyons comme des curateurs: nous sélectionnons pour nos lecteurs ce qui est essentiel.

**Votre média souligne qu'il se veut entièrement au service de ses lecteurs, qui doivent aussi assurer son financement.**

Qui offre un journalisme de qualité doit pouvoir en vivre. L'information de haut niveau n'est pas gratuite. Et 160 francs, ce n'est pas beaucoup. Nous ne croyons pas à la publicité: 80% de ses revenus vont à

Google et à Facebook. Entrer dans cette compétition n'est pas sensé. Voilà pourquoi nous misons sur les abonnements. En outre, des privés ont investi un million de francs. Mais nous devons déjà réunir l'argent pour la deuxième phase. Dans ce but, nous prévoyons la création d'une fondation, entre autres.

**Les textes sont fortement balisés, avec des formules telles que «Pourquoi c'est important». Les lecteurs ont-ils vraiment besoin de cela?**

Ils l'apprécient. Aujourd'hui, 80% des articles sont lus sur des smartphones, et presque personne ne lit un texte continu de 8000 signes sur son mobile. Nous imaginons comment nous brieferions un CEO pour une séance où il devra expliquer en cinq minutes un problème complexe. Nous avons donc libéré les textes de tout ce qu'on y trouve d'habitude: un début captivant, des transitions élégantes. Ce ne sont plus des beaux textes, mais le contenu est de qualité.

**Mais c'est la voie contraire qui est suivie par vos «Explorations», publiées en plusieurs épisodes qui sont tous très longs. En définitive, sur quoi misez-vous?**

Sur les extrêmes. Tout ce qu'il y a entre les deux est éliminé. On veut soit lire une grande histoire sur son ordinateur ou sa tablette, soit les dernières news sur son smartphone.

**Heidi News se concentre pour l'instant sur la science. Vous voulez lancer une nouvelle rubrique tous les six mois. Jusqu'à quel point pensez-vous vous étendre?**

Nous cherchons des sujets de niche pour lesquels il existe une communauté. Nous avons commencé par la science, mais ne voulons pas nous limiter à elle.

**Au fait, pourquoi «Heidi»?**

Ce nom est évidemment une marque de Swissness. Mais réduit à ses consonnes, il donne HD, ou High Definition. C'est aussi notre logo. Nous offrons un journalisme HD. Le nom ne plaît pas à tout le monde. Mais on ne l'oublie pas.

Interview: Judith Hochstrasser

## NEWS

## La vie de chercheur sur Twitter

■ Les tweets de @JustSaysInMice avertissent lorsqu'une percée médicale oublie de rappeler que l'étude sous-jacente n'a pas été faite sur des humains, mais simplement sur des rongeurs, tout comme son cousin @JustSaysInRats. @JustSaysRisks rappelle qu'il vaut mieux citer des risques absolus («... fait passer le risque de 0,1% à 0,2%») que relatifs («... double la chance de...»). Et @OnlyInMen souligne que les résultats d'études réalisées avec des participants masculins ne sont pas facilement généralisables à l'ensemble de la population. Des hashtags dévoilent la vraie vie des scientifiques: #OverlyHonestPaperTitles, #FieldworkFail, #WhatProfessorsDo, #ScientistsWhoSelfie et le précurseur #OverlyHonestMethods.

## Pas pour les hommes

■ L'Université technique d'Eindhoven (TUE) aux Pays-Bas ouvrira une centaine d'emplois fixes uniquement à des femmes. Les hommes ne pourront se présenter que si le poste n'a pas été pourvu après six mois. Le président de TUE, Robert-Jan Smits, un ancien commissaire européen à la Recherche, assume: il s'agit «absolument» de discrimination contre les hommes, déclare-t-il dans Science, mais l'inverse a été le cas pendant des années.

## EN CHIFFRES

33%

■ Proportion de Français estimant que les vaccins ne sont pas inoffensifs, selon le Wellcome Global Monitor. Avec 22%, la Suisse est le cinquième pays le plus sceptique.

## USD 1700 milliards

■ Estimation de la contribution de l'innovation académique aux revenus de l'industrie aux Etats-Unis au cours des vingt-deux dernières années, selon un rapport de l'Association of University Technology Managers.

58 000

■ Nombre d'articles publiés chaque mois sur la plateforme ResearchGate qui violent les droits d'auteur, selon une analyse faite par des maisons d'édition, qui ont également engagé des poursuites judiciaires.

## CITATION

«Il est temps de mettre fin à la tradition des panels composés uniquement d'hommes»

■ Francis Collins, directeur des National Institutes of Health, déclare qu'il refusera dorénavant les invitations à des conférences qui ne démontrent pas leurs efforts consentis pour assurer une diversité des orateurs.

## OUTILS

## SURE

■ La revue Series of Unsurprising Results in Economics (SURE) ne publie que des articles ayant été rejetés parce que les résultats sont statistiquement insignifiants ou jugés «sans surprise». Son but est de lutter contre le biais de publication.

## Transposesci

■ Cette plateforme résume les règles des journaux scientifiques sur le peer-review, les preprints et les postprints.



Une carrière dans la recherche exige une chose avant tout: une longue liste de publications. Mais les choses changent. Les universités et les institutions de financement commencent à évaluer les scientifiques de manière plus globale en considérant également les activités annexes, de l'enseignement à la communication, en passant par l'open science ou l'engagement civique.



# Quel genre de scientifique êtes-vous?

Les profils des chercheuses et des chercheurs se diversifient. Faites notre test pour découvrir le vôtre!

*Texte: Daniel Saraga*

*Illustration: Christoph Frei*





# Dix questions pour révéler votre profil

## 1 Jeudi, 17 h. Vous êtes en train de

- a) discuter des résultats d'une expérience avec vos étudiants en leur présentant un nouvel outil d'analyse statistique;
- b) lire T. Kuhn : «The Structure of Scientific Revolutions» (University of Chicago Press, 1970);
- c) vérifier vos citations dans un article sur le changement climatique dans le journal du dimanche;
- d) répéter votre pitch en vue d'un dîner avec des investisseurs.

## 2 Le journal Nurture refuse votre article. Vous

- a) rédigez un appel contre leur décision;
- b) envoyez l'article à un journal moins prestigieux – après tout, le preprint a déjà été largement discuté en ligne;
- c) exprimez sur Twitter tout le bien que vous pensez du peer-review;
- d) organisez un atelier de rédaction d'articles scientifiques pour étudiants.

## 3 Votre équipe observe une corrélation entre consommation de pommes et développement économique. Vous

- a) priez votre doctorant de rédiger un article;
- b) publiez les résultats préliminaires sur Figshare;
- c) préparez un rapport destiné aux PME de votre région;
- d) invitez un collègue de l'étranger à venir discuter des résultats.

## 4 La Society of Serious Scientists cherche un sujet pour son assemblée annuelle. Vous proposez:

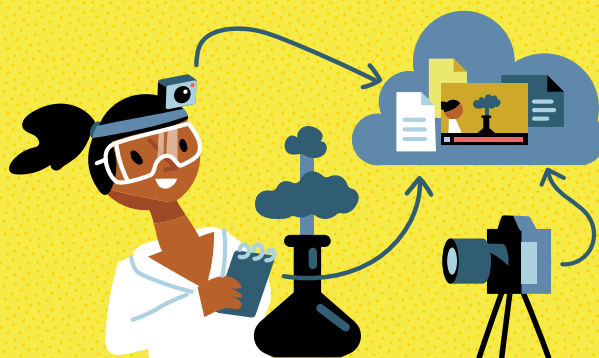
- a) «Etre scientifique et parent: à l'Etat de payer»;
- b) «Collaborations internationales: décoloniser la science»;
- c) «Laissez-nous travailler! Moins de contraintes, moins de contrôles»;
- d) «Recherches collaboratives: comment breveter les résultats».

## 5 Des rumeurs de plagiat se répandent à propos d'un collègue. Vous

- a) ne dites rien, car vous ne connaissez pas les détails de l'affaire;
- b) appelez une amie journaliste pour lui parler des problèmes de plagiat;
- c) menez une enquête et la publiez anonymement sur Pubpeer;
- d) programmez un logiciel de détection de plagiat basé sur l'intelligence artificielle.

## 6 Le Parti libéral socialiste vous invite à une table ronde sur la migration. Vous

- a) acceptez et préparez des arguments pour financer votre nouveau centre de recherche;
- b) acceptez, à condition qu'un membre du parti visite votre institut et parle à vos étudiants;
- c) refusez – vous savez bien que les politiciens ne s'intéressent jamais vraiment aux faits scientifiques;
- d) déclinez, car vous donnerez au même moment une conférence à l'université populaire.







## 7 L'évaluation de vos étudiants juge votre cours de mécanique quantique «ennuyeux». Vous

- a) organisez un lunch hebdomadaire sur la pédagogie avec vos étudiants et des experts;
- b) utilisez le verso du rapport d'évaluation pour esquisser un nouveau projet de recherche;
- c) publiez un post sur les problèmes méthodologiques des enquêtes d'opinion;
- d) vous inscrivez au MOOC «How to make MOOC».

## 8 Le Journal of Standard Research vous demande d'évaluer un article pour un peer-review. Vous

- a) refusez, car il s'agit d'une publication de bas niveau;
- b) refusez, car le journal n'est pas open access et n'utilise pas les points Publons;
- c) déléguez la tâche à un doctorant;
- d) refusez, car leur comité éditorial est exclusivement masculin et occidental.

## 9 Le nouvel antibiotique d'une doctorante semble fonctionner. Elle veut lancer une start-up. Vous

- a) le priez de d'abord publier ses données sur MiniScience, une revue de micropublication;
- b) appelez l'unité de transfert de technologie de votre institut pour déposer un brevet;
- c) demandez à votre collègue de l'Université Poudlard de reproduire les résultats;
- d) contactez une connaissance de Rochartis pour lui en parler – et pour lui rappeler votre projet de plateforme nationale de génomique.



## 10 La Fondation scientifique suisse vous sollicite pour sa campagne Twitter sur l'importance de l'internationalité en science. Vous

- a) envoyez votre déclaration récemment préparée pour l'ONG «Chercheuses sans frontières»;
- b) déclinez: les déclarations courtes sont trompeuses, et internationalisation rime avec uniformisation;
- c) envoyez votre analyse de vos collaborations internationales publiée en ligne;
- d) acceptez en lui demandant de soutenir votre initiative «Science locale, connaissance globale».

→ Comptez les symboles pour chacune de vos réponses

Réponses

	a)	b)	c)	d)
1	□ ▼	◇	■ ●	○
2	□	▽	■	▼
3	□ ▼	▽ ■	○ ■	◇
4	●	◆	◇	○ ▽
5	□	■	▽	○
6	● ◆	● ▼	□ ◇	▼
7	▼ ◆	□	■	▽ ▼
8	□	▽	▼	●
9	□ ▽	○	◇	○ ◆
10	●	◇	▽	◆

Exemple

Si vous répondez c) à la question 3, ajoutez un point pour ○ et un point pour ■

Points	□	○	▽	◇
	■	●	▼	◆

# Et vous êtes...

Le symbole ayant le plus de points révèle votre type parmi les huit profils suivants.



## □ La carriériste

Le seul poste stable à l'université, c'est professeur. Il faut donc publier. Car cela génère des citations. Et plus de citations, c'est plus de subventions; plus d'argent, plus de postdocs, et plus de postdocs, plus de publications... C'est ainsi que le système marche, c'est le Grand cercle de la science. Alors, arrêtez de rêvasser et commencez à rédiger votre article! Et d'ailleurs, pourquoi ne pas le saucissonner en deux publications plus courtes?



## ■ La communicatrice

Si un arbre tombe dans une forêt et que personne n'est là pour l'entendre, est-ce qu'il fait du bruit? Non, et c'est encore plus vrai dans le monde académique. Plus de deux millions d'articles scientifiques sont publiés chaque année. A quoi bon en écrire si personne ne les lit? Il faut donc se faire entendre: sur Twitter, dans les médias, dans les conférences. Même si cela pousse à faire des raccourcis, à simplifier et à promettre beaucoup – et parfois, un peu trop.



## ○ L'innovateur

Les découvertes scientifiques favorisent la croissance économique et le progrès social, certes. Mais ce qui vous motive, c'est former une équipe qui travaille dur et transformer des résultats abstraits en produits – et en profits. Les experts en marketing et en propriété intellectuelle ne vous font pas peur. Ils ne comprennent rien à vos travaux et ne les remettent jamais en question... Quel plaisir d'en discuter avec eux!



## ● Le politicien

Rien ne vous exaspère plus que d'entendre les gens au pouvoir asséner leur opinion mal informée et complètement ignorer les faits scientifiques. Ils refusent de s'informer? Alors vous allez leur parler. Vous avez donc rejoint le parti, l'ONG, la commission, le groupe d'experts. Parce que la science est objective! Surtout lorsque ses conclusions correspondent à vos opinions.



## ▽ La partageuse

Les résultats de la recherche appartiennent à la société et leur circulation maximise leur impact. Votre mot favori? «Transparence». Vos publications sont en libre accès et disponibles sous la forme de preprints. Vos codes sont sur Github, vos données sur Figshare, vos évaluations sur le web. La seule chose que vous ne publiez pas, ce sont vos hypothèses de recherche. Car des collègues pourraient vous les voler... Partager, oui. Mais pas trop tôt!



## ▼ L'éducateur

L'avenir appartient à la nouvelle génération. Vous prenez le temps d'enseigner aux étudiants et de discuter avec les doctorantes. Vous voulez transmettre vos connaissances et votre expérience. Et cela paie: chaque année, vous recevez le prix du meilleur enseignant. Certes, la concurrence n'est pas trop rude, car vos collègues préfèrent envoyer à leur place leurs postdoctorants sous-payés et stressés. Une victoire facile pour vous!



## ◇ Le puriste

Transdisciplinarité et productivité, controlling et objectifs: c'est le vocabulaire d'une science de plus en plus gérée, évaluée, dirigée. Il faut préserver l'essence de la science – indépendance, liberté de pensée, esprit critique – du diktat des bureaucrates de la recherche. En tant que scientifique, la remise en question est votre mantra. Sauf quand il s'agit de vous poser la question: au fait, quel est l'impact réel de mes travaux?



## ◆ La bâtisseuse

Les nouvelles infrastructures de recherche, le prochain centre d'excellence, le projet d'un campus trinational ne se réaliseront pas tout seuls. Il faut s'impliquer, et vous répondez présent. Non pas que vous aimiez rapports, réunions et protocoles. Mais vous savez ce qui est en jeu: assurer que la recherche suisse reste à la pointe au niveau international. Et cela ne peut pas nuire à votre carrière, n'est-ce pas?



# Changement de culture dans les labos

Un pilier central de la science consiste à reproduire les résultats déjà publiés. Mais rares sont les scientifiques à y investir du temps - et lorsqu'ils le font, les vérifications se soldent souvent par un échec. Les institutions suisses veulent changer la situation.  
Par David Adam

**N**otre époque a beau être friande de fake news et de théories du complot, les sondages indiquent que le public fait toujours confiance à la science. Mais les scientifiques doutent d'elle probablement davantage qu'avant, notamment à cause du problème de la reproductibilité: un nombre croissant de découvertes publiées mais qui ne se vérifient pas lorsque les expériences sont répétées.

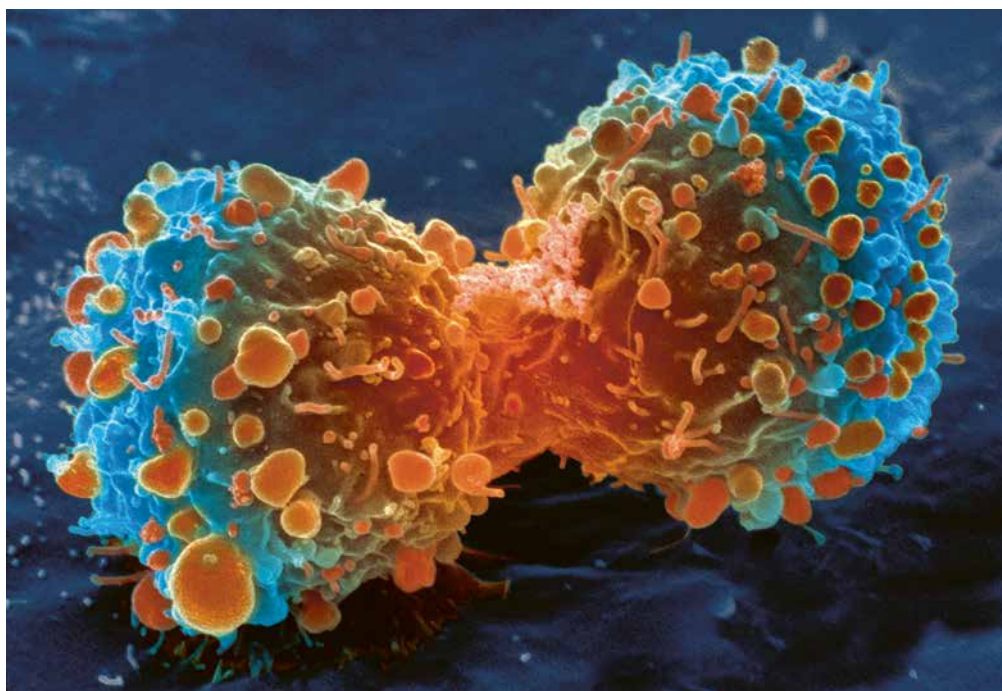
Cette situation résulte de nombreux facteurs: des statistiques douteuses, la pression à produire des découvertes spectaculaires, et le biais de publication, qui se nourrit de la réticence des scientifiques à soumettre des résultats négatifs ajoutée à celle des revues à les publier.

## Des données solides et ouvertes

Les institutions suisses ont décidé de s'attaquer à la question. L'Université de Zurich a lancé en 2018 son Centre pour la science reproductible, dirigé par Leonhard Held. Après seulement un an, encore peu de résultats tangibles, mais beaucoup de choses qui se passent à l'arrière-plan, selon le professeur de biostatistique: «Nos efforts ont déjà rendu le problème de la reproductibilité plus visible et mieux connu dans l'ensemble de l'institution, notamment grâce à une journée dédiée à ce thème.»

Le centre a déposé plusieurs demandes de subsides afin d'investir dans la formation avec des cours sur les bonnes pratiques scientifiques et sur l'importance des résultats confirmatoires. «Pour l'instant, les scientifiques estiment encore trop souvent qu'avoir montré quelque chose implique que cela est vrai. Il faut développer une culture de la répétition des études.»

Le mouvement de la science ouverte promeut le partage des données et des méthodes, une stratégie clé pour la reproductibilité. Des institutions telles que l'EPFL et l'ETH Zurich organisent des séminaires sur ces thèmes, notamment sur la gestion des données de la recherche. Anna Krystalli, informaticienne à l'Université de Sheffield, était l'an dernier invitée à une école d'été commune aux deux institutions. Elle



Les propriétés du matériau vivant – telles ces cellules cancéreuses – sont souvent trop variables, même en laboratoire, pour permettre la vérification d'expériences précédentes.

Image: Keystone/Science Photo Library/Steve Gschmeissner

dit avoir été frappée par deux choses: l'événement était organisé par les doctorants et non par des responsables de l'institution, et un des présidents y a participé par Skype. «Je crois que cela témoigne du soutien des hauts responsables, remarque-t-elle. Il semble constituer un élément fort de la culture suisse de la recherche. Difficile d'affirmer qu'il est meilleur qu'ailleurs, mais j'ai été impressionnée.» Ces rencontres ne font pas que sensibiliser les jeunes scientifiques, elles leur suggèrent qu'ils peuvent apporter des améliorations concrètes, en particulier en développant des logiciels plus efficaces pour partager des données et des codes informatiques.

## Le bon côté de la paperasserie

«Les résultats qui ne résistent pas à l'examen représentent un défi pour toutes les institutions scientifiques», souligne Hanno Würbel de l'Université de Berne qui a examiné la reproductibilité des expérimentations précliniques. Selon lui, la recherche avec des animaux est bien placée pour aborder cette question parce que les protocoles expérimentaux s'accompagnent déjà de beaucoup de paperasse et de contrôles. On pourrait les adapter afin de garantir la reproductibilité des expériences avant même qu'elles ne commencent, notamment en s'assurant que la taille des échantillons soit garante de résultats statistiques significatifs. Ce domaine a l'habitude de ces procédures et serait donc moins susceptible de

considérer de nouvelles mesures comme de la bureaucratie inutile à rejeter.

De nombreuses universités parlent de la nécessité de s'attaquer au problème mais les progrès dépendent souvent des individus. «L'éducation et la formation jouent un grand rôle. Pour que les choses changent, il faudra peut-être attendre que les scientifiques seniors partent à la retraite.»

Leonhard Held, lui, ne veut pas attendre et souhaite voir à Zurich des recherches en métascience, la science de la science. Une inspiration est le centre Metrics de l'Université Stanford: lancé en 2014 et dirigé par l'épidémiologiste John Ioannidis, il promeut la reproductibilité et s'intéresse à l'ensemble du cycle de la recherche, depuis la planification des expériences jusqu'à la diffusion des résultats en passant par les dispositifs d'encouragement et de récompense des scientifiques par les universités et les bailleurs de fonds.

Une grosse difficulté: le système universitaire favorise avant tout les scientifiques ayant de longues listes de publications dans des revues possédant un facteur d'impact élevé, alors même que ces dernières sont très rarement disposées à publier des études de vérification. Une chose à changer pour une recherche reproductible, en Suisse ou ailleurs.

Basé à Londres, David Adam a travaillé pendant vingt ans pour Nature et The Guardian.

# «Il faudra retrousser nos manches»

Martina Hirayama est depuis janvier 2019 secrétaire d'Etat à la formation, à la recherche et à l'innovation. Pour l'ancienne chimiste, l'un des principaux défis sera de maintenir l'excellente position de la Suisse dans la science internationale.

*Interview: Florian Fisch*

**Vous avez quitté votre poste de professeure de chimie pour l'administration. La recherche était-elle ennuyeuse?**

Je trouvais mes recherches passionnantes, mais j'ai toujours eu de multiples intérêts et un attrait pour la nouveauté. Il est très motivant de contribuer à définir les conditions encadrant la formation, la recherche et l'innovation. Même avant de rejoindre le SEFRI, je ne passais pas toutes mes journées au laboratoire: j'étais avant tout occupée par la gestion de l'Ecole d'ingénierie de la ZHAW (Haute école zurichoise des sciences appliquées, ndlr). Mon adieu à la science a été progressif.

**Transition énergétique, numérisation, bactéries résistantes: la politique impose un nombre croissant de thématiques de recherche. La science ne devrait-elle pas les choisir elle-même?**

Evidemment, l'autonomie des chercheuses et des chercheurs dans le choix de leurs points forts est importante. En revanche, les hautes écoles peuvent - et doivent - déterminer les chaires qu'elles entendent créer. Le SEFRI essaie d'aborder les défis de manière très générale: quelles priorités veulent-elles fixer? Dans quels domaines souhaitent-elles collaborer, par exemple grâce à des contributions de la Conférence suisse des hautes écoles (l'organe fédéral de supervision, ndlr) allouées à des projets spécifiques? Il faut des objectifs stratégiques à tous les échelons du système.

**Les hautes écoles n'apprécient guère les restrictions de la part du gouvernement.**

Mais nous n'en imposons pas! Bien entendu, les hautes écoles doivent comprendre le sens de la collaboration pour que cela fonctionne. Nous demandons par exemple: quelle position adoptons-nous face à la montée en puissance de la Chine dans le domaine de la physique quantique? Nous devons veiller à ce que les hautes écoles aient suffisamment de temps à consacrer à ces réflexions pour éviter que celles-ci ne disparaissent dans le quotidien.

**Vous venez du côté des sciences appliquées: hautes écoles spécialisées, start-up, Innosuisse. Voyez-vous la formation et la recherche fondamentale comme étant avant tout au service de l'innovation?**

Certainement pas! Dans la recherche, il s'agit de poser des questions. Le principal résultat est le gain de connaissances. Certaines s'avèrent tout simplement moins exploitables. Mais lorsqu'elles peuvent déboucher sur des applications, il convient absolument de saisir cette chance.

**Les hautes écoles spécialisées (HES) s'efforcent de se rapprocher du modèle universitaire. Elles souhaitent par exemple délivrer elles-mêmes des doctorats. Au risque de fragiliser leur profil orienté vers la pratique?**

Dans leur prise de position de 2014, les hautes écoles spécialisées ont clairement dit vouloir délivrer les doctorats en coopération avec les hautes écoles universitaires. Pour la Confédération, c'est aussi clair: les hautes écoles spécialisées font partie de la voie de la formation professionnelle, sont orientées vers la pratique et leur diplôme standard est le bachelor. Nous encourageons cependant de manière ciblée la coopération entre les deux types de hautes écoles.

«Il faut des objectifs stratégiques à tous les échelons du système.»

**Les HES voudraient également toucher une plus grande part des ressources allouées à la recherche fondamentale, notamment à travers le Fonds national suisse.**

L'encouragement de la recherche fondamentale du FNS s'adresse surtout aux universités. Mais il a aussi des programmes orientés vers les applications tels que Bridge, mené en commun avec Innosuisse, qui se concentre sur la recherche appliquée. Ces deux institutions d'encouragement sont complémentaires et jouent un rôle déterminant dans le développement de nos hautes écoles.

**Innosuisse a récemment essuyé des critiques: la restructuration de l'ancienne Commission**





Avoir une main sûre, anticiper et collaborer: la recette de Martina Hirayama, nouvelle directrice du SEFRI, pour renforcer la place scientifique suisse. Photo: Keystone/Peter Klaunzer

**pour la technologie et l'innovation (CTI) aurait entraîné une hausse massive des coûts administratifs, sapé des réseaux utiles et alourdi la prise de décisions. Est-ce exact?**

Toute nouvelle organisation a au début des défauts de jeunesse. Ceux d'Innosuisse sont connus et gérés.

**Israël et la Corée du Sud investissent nettement davantage que la Suisse dans la recherche et le développement par rapport au produit intérieur brut. Ne faudrait-il pas les imiter?**

Avec sa troisième place au niveau mondial, la Suisse est déjà très bien positionnée. Les finances ne sont qu'un aspect. Il faut des conditions-cadres adéquates pour que les entreprises poursuivent en Suisse leurs investissements importants dans la recherche et le développement: une pondération intelligente de la charge fiscale, un

faible niveau de réglementation, la paix du travail et de bonnes infrastructures.

**Les perspectives sur l'accord-cadre avec l'UE ne sont pas roses à l'heure actuelle (juillet 2019, ndlr). Les scientifiques en Suisse devront-ils de nouveau en payer le prix, comme après l'acceptation de l'initiative contre l'immigration de masse en 2014?**

Il s'agit de clarifier les choses: il n'y a pas de lien juridique entre l'accord-cadre institutionnel et l'accord sur la recherche. C'était différent avec l'acceptation de l'initiative contre l'immigration de masse, qui a touché les accords bilatéraux. La situation est donc maintenant tout autre. On ne peut toutefois pas exclure que l'UE relie sur le plan politique les deux accords. Pour l'instant, beaucoup de choses restent ouvertes. Dans tous les cas, nos partenaires européens nous estiment.

**La réputation internationale des hautes écoles helvétiques attire toujours davantage de doctorants étrangers. Un quota serait-il nécessaire pour encourager la relève locale et maintenir une perspective nationale?**

L'intérêt considérable de l'étranger constitue un bon signe. Ce n'est pas à la Confédération d'émettre des prescriptions sur les étudiants. Chaque haute école doit pouvoir déterminer son propre mix.

**Faut-il mieux encourager la relève suisse?**

Ce qui importe est que nous disposions d'un bon système de formation dual qui permette à chacun de choisir librement. Nous avons des filières de formation perméables, l'une des grandes forces de la Suisse. Chaque étudiant doit se demander s'il est suffisamment motivé pour faire un doctorat. Il y a de bons jobs dans l'économie.

**Vos prédécesseurs sont restés une dizaine d'années en fonction. Que souhaitez-vous atteindre d'ici à 2029 pour être satisfaite de votre bilan?**

Mon espoir est que nous soyons toujours en mesure de saisir les chances qui se présentent pour le pôle de recherche et d'innovation suisse et de façonner les évolutions globales. Fixer les bonnes priorités demande de l'anticipation, une main sûre et une étroite collaboration avec les cantons, les hautes écoles, les organismes d'encouragement et le monde du travail. Maintenir notre position internationale représentera un véritable défi parce que le monde change très vite. La concurrence est énorme. Si nous sommes aussi bien placés dans dix ans qu'aujourd'hui, nous pourrions être plus que satisfaits. Mais pour cela, il s'agira de retrousser nos manches.

Florian Fisch est rédacteur d'Horizons

#### Une chimiste au gouvernement

Martina Hirayama a étudié la chimie à l'Université de Fribourg, à l'ETH Zurich et à l'Imperial College London. L'échec d'une expérience durant son doctorat sur des polymères adhésifs l'a conduite à découvrir une nouvelle méthode de revêtement des surfaces et à cofonder une start-up. Elle a mené des recherches et enseigné à l'ETH Zurich ainsi qu'à la Haute école zurichoise des sciences appliquées (ZHAW); elle y a dirigé l'École d'ingénierie et a été membre de la direction. Elle a été présidente du Conseil de l'Institut fédéral de métrologie (METAS) et vice-présidente de celui d'Innosuisse. Depuis janvier 2019, elle est secrétaire d'Etat à la formation, à la recherche et à l'innovation. Binationale germano-suisse, elle est mariée et mère de deux enfants. Elle vit en Thurgovie avec son époux d'origine japonaise.

# Sur la trace du sang des Bourguignons

Toutes les deux semaines, Jakob Pernthaler et son équipe prélèvent des échantillons d'eau au point le plus profond du lac de Zurich. Leur objet d'étude: une cyanobactérie rouge surnommée le sang des Bourguignons.

«L'importance du lac de Zurich réside dans les services écosystémiques offerts à plus d'un million de personnes: entre autres, une bonne qualité d'eau potable et d'eau non potable. Le lac constitue également une zone de loisirs pour la baignade et la navigation, 90% des rives étant aménagées de manière artificielle, et son niveau est régulé par le barrage du Platzspitz, situé en plein cœur de Zurich. Les affluents du lac de Sihl et du canal de la Linth renouvellent presque complètement son eau en un an.

Nous autres, de la station limnologique de l'Université de Zurich, partons toutes les deux semaines sur le lac pour prélever des échantillons à différentes profondeurs, de 20 à 120 mètres. Mais nous n'avons pas le droit d'ancrer une plateforme de recherche fixe avec des instruments de mesure au point le plus profond, à 136 mètres. L'intensité de la navigation ne le permet pas. La flotte du lac de Zurich est comme un bus des transports publics, et on doit se mettre de côté. Avec notre petit bateau, nous sommes flexibles. Par ailleurs, nous avons une conduite d'eau du lac qui arrive directement dans le laboratoire de la station à Kilchberg.

Depuis les années 1990, la couche supérieure de l'eau s'est réchauffée de presque un demi-degré. A cause de cela, on observe à la fin de l'automne, et en de rares occasions au printemps également, un film rougeâtre à la surface, près des rives. Il s'agit de l'apparition de masses d'un type d'algues bleues, des cyanobactéries. Elles vivent dans une zone de faible

luminosité, à une profondeur de 10 à 15 mètres. Et uniquement là. Au printemps et en automne toutefois, leurs filaments rouges remontent à la surface. Mais avec l'amélioration de la propreté et de la clarté de l'eau, la quantité de ces cyanobactéries a augmenté dans le lac de Zurich au cours des vingt dernières années. On les appelle «sang des Bourguignons», un nom dû à la bataille de Morat: lorsque les Confédérés ont battu les Bourguignons en 1476, l'eau du lac de Morat s'est teintée de rouge, pré-tendument en raison du sang des victimes.

## Comme des sous-marins

Nous étudions aussi de quelle manière le réchauffement climatique et la modification des processus saisonniers de brassage de l'eau qui l'accompagnent favorisent la croissance du sang des Bourguignons. Comme des sous-marins, les vésicules gazeuses dans leurs cellules leur permettent de rester à la profondeur idéale pour leur croissance - passé 80 mètres, la pression de l'eau les fait implorer. L'algue est éliminée uniquement de cette manière. Aujourd'hui, en raison du réchauffement global, le brassage des eaux ne se produit plus que jusqu'à 60 mètres de profondeur. De fait, la majeure partie des cyanobactéries survivent à l'hiver. Par ailleurs, elles se défendent contre les prédateurs avec une toxine puissante qui est aussi dangereuse pour l'être humain. Absorbée en grandes quantités, elle peut provoquer des diarrhées, des vomissements, voire des dégâts au foie. L'ozonation permet de détruire la

toxine lors du traitement de l'eau potable. Actuellement, la masse du sang des Bourguignons monopolise le lac. Malheureusement, ni les petits crustacés ni les poissons juvéniles n'ingèrent ces algues. De fait, le lac de Zurich n'est plus un eldorado pour les poissons.

Il serait faux d'affirmer que le lac est trop propre et qu'un apport de nutriments, comme du lisier issu de l'agriculture lui serait bénéfique. Voilà mon opinion: la biologie de l'eau s'est modifiée en défaveur des poissons, c'est vrai, mais la principale mission des services écosystémiques du lac est la génération d'eau potable. Et là, la bonne qualité de l'eau représente une situation idéale.

La recherche fondamentale en biologie s'intéresse à certains micro-organismes qui se nourrissent de la toxine de ces algues. A la station limnologique, nous étudions donc certains unicellulaires qui se nourrissent du sang des Bourguignons sans que cela les affecte de manière négative. Mais sur le principe, avec l'équipe de recherche, je ne suis pas en quête de solutions pour éliminer le sang des Bourguignons du lac. L'apparition de masses de cyanobactéries est un processus naturel que nous accompagnons d'un suivi scientifique. Il suffira d'un hiver vraiment froid pour en détruire une grande partie. Et mettre un terme à leur monopole - au moins jusqu'à l'année suivante.»

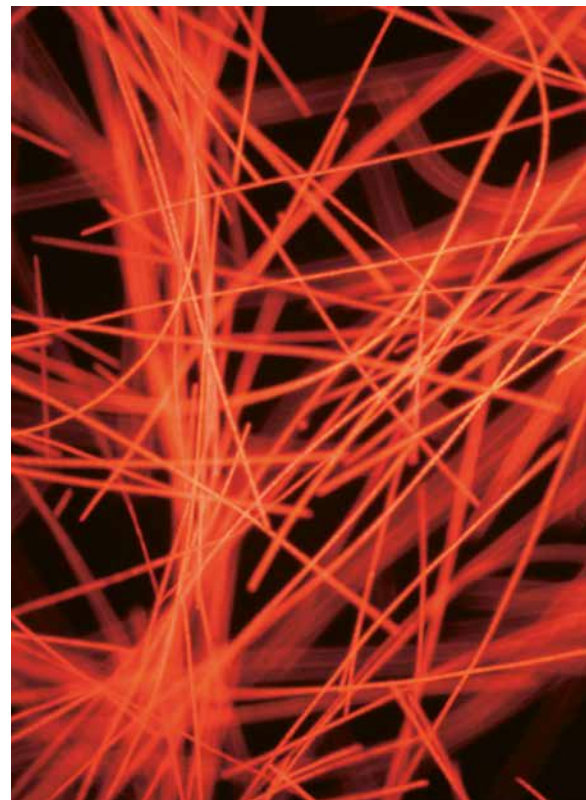
Propos recueillis par Franca Siegfried

## D'Innsbruck à Zurich

Jakob Pernthaler dirige depuis 2011 la station limnologique de l'Université de Zurich à Kilchberg. Il est professeur de microbiologie aquatique. Ses domaines d'expertise sont les bactéries, la limnologie, la microbiologie et la microbiologie de l'environnement. Jakob Pernthaler a obtenu son doctorat à l'Institut de zoologie de l'Université d'Innsbruck. Il a ensuite été chercheur à l'Institut Max Planck de microbiologie marine à Brême, avant d'être nommé professeur assistant à l'Université de Zurich en 2005.







**Les cyanobactéries appelées sang des Bourguignons forment des filaments (ci-dessus) et colorent parfois le lac de Zurich en rouge (à gauche) lorsqu'elles remontent à la surface. Jakob Pernthaler (p. 32) et son équipe de la station limnologique de Kilchberg (en haut) étudient le lien entre ce phénomène et le réchauffement climatique.**

Photos: Limnologische Station der Universität Zürich

# Porc qui rit, porc qui pleure

Comment reconnaître la joie ou la souffrance chez les animaux? Les spécialistes des émotions animales testent les approches connues et en inventent de nouvelles. *Par Simon Koechlin*

**L**a joie, le trac, la déception: les sentiments déterminent notre vie. Et pas seulement la nôtre. Les animaux ressentent eux aussi des émotions. Charles Darwin l'avait thématiqué il y a près d'un siècle et demi, mais «même après, les chercheurs ont considéré encore longtemps les animaux comme des machines», souligne la physiologiste Elodie Briefer, qui est passée de l'ETH Zurich à l'Université de Copenhague. «L'étude de leurs émotions n'a commencé que dans les années 1990.»

Les travaux sur les émotions animales n'ont cessé de se multiplier. Non seulement parce que le sujet est captivant, mais aussi parce que «distinguer les émotions positives des émotions négatives constitue l'essence de la protection des animaux», note Hanno Würbel, professeur en protection des animaux à l'Université de Berne. Vaste tâche: si le propriétaire d'un chien qui tremble et gémit remarque facilement que quelque chose ne va pas, l'état émotionnel des animaux reste très difficile à évaluer.

## Pouls bas: calme ou dépression?

Comme on ne peut pas simplement demander aux animaux ce qu'ils ressentent, les scientifiques s'appuient sur des indicateurs, telles les réactions neurophysiologiques à des stimuli spécifiques, en particulier les modifications de la fréquence cardiaque ou de l'activité cérébrale. «Ces études offrent l'avantage de se baser sur des mesures précises, mais il faut souvent les interpréter avec prudence», dit Lorenz Gyax, qui a travaillé au Centre spécialisé dans la détention convenable des animaux de rente de Tänikon, en Thurgovie, et qui poursuit ses recherches à l'Université Humboldt de Berlin. A Tänikon, une doctorante s'était basée sur les battements du cœur pour examiner la réaction des chèvres lorsqu'elles arrivent dans un nouveau groupe. «Le rythme cardiaque diminuait, mais pas

par insouciance: dans leur nouvel environnement, les chèvres se repliaient totalement sur elles-mêmes et restaient couchées; elles osaient à peine bouger.»

Les changements de comportement de cette nature constituent un moyen supplémentaire de mesurer les émotions. Elodie Briefer étudie en particulier les vocalisations par lesquelles les animaux communiquent leurs émotions à leurs congénères. Elle a ainsi découvert que les chevaux hennissent sur deux voix. Chaque hennissement conjugue deux fréquences fondamentales indépendantes. «L'une d'elles indique s'il s'agit d'une émotion négative ou positive, l'autre donne son intensité», précise la chercheuse. Leurs congénères ne sont ainsi pas les seuls à pouvoir déterminer si un animal va bien ou mal. Les hommes qui les connaissent bien y parviennent également.

«Distinguer les émotions positives des négatives constitue l'essence de la protection des animaux.»

Hanno Würbel

Un exemple issu des recherches de Lorenz Gyax montre néanmoins les limites de notre compréhension des émotions animales. Il a examiné la position et les mouvements des oreilles pour mesurer le degré d'attention des moutons. «Ceux que nous avons étudiés tournaient leurs oreilles vers l'avant et les agitaient vivement quand nous les confrontions à un stimulus négatif», dit-il. Mais des chercheurs français ont au contraire constaté dans d'autres races que les oreilles tournées vers l'arrière constituaient un signe de stress. Les stimuli négatifs utilisés pour ces expériences ont





Des cochons plus heureux? Le programme européen Anihwa développe un logiciel pour détecter les grognements négatifs des porcs exprimant de la peur ou de la douleur et alerter ainsi l'éleveur. Photo: Keystone/DPA/Z1003/Jens Büttner

par exemple été la séparation du groupe ou la chaleur. Les données comportementales ouvrent une voie prometteuse, mais pleine d'embûches, conclut Lorenz Gygas. «Selon les émotions, les réactions ne diffèrent pas seulement entre les espèces, mais aussi d'une race à l'autre.»

#### Les rides du cheval

Il est également possible que des stimulations à court terme ne suffisent pas à provoquer un changement mesurable. Une doctorante s'est penchée sur une idée très répandue chez les éleveurs: l'état émotionnel d'un cheval pourrait se lire dans des rides se formant au-dessus de l'œil. «Nous avons effectivement trouvé un ou deux paramètres qui changeaient dans les situations désagréables», explique Hanno Würbel, mais ils n'étaient pas assez manifestes pour pouvoir les considérer comme des indicateurs fiables. Peut-être que ces fronces ne se forment que dans les cas de malaise durable.

Les chercheurs sont d'accord pour estimer que l'état d'esprit à long terme occupe une place plus importante dans le bien-être d'un animal que les émotions à court terme. Il joue d'ailleurs un rôle dans une des approches récentes les plus prometteuses: la recherche d'indicateurs cognitifs.

Les chercheurs suscitent chez l'animal un état d'esprit globalement positif ou négatif et examinent comment il réagit à différents stimuli. Cette méthode part des connaissances acquises sur l'homme: quelqu'un de déprimé réagit différemment à un événement que quelqu'un d'heureux. L'un voit le verre à moitié vide, l'autre à moitié plein. On a maintenant pu montrer que les moutons, les cochons, les rats, les passereaux et même les abeilles réagissent différemment selon leur humeur, dit Hanno Würbel. «Cela nous ouvre une petite fenêtre sur la vie émotionnelle des animaux.» Toutefois, ces expériences demandent un grand investissement.»

«Même après Darwin, les chercheurs ont considéré encore longtemps les animaux comme des machines.»

Elodie Briefer

La loi sur la protection des animaux n'a pas encore intégré les connaissances acquises par la recherche sur les émotions. Très complexe, ce champ est trop jeune. Mais certains progrès pourraient très

prochainement déjà apporter une aide aux éleveurs, dit Elodie Briefer, qui participe à un projet européen pour développer un logiciel destiné à reconnaître les cris négatifs des cochons. L'idée: alerter l'éleveur lorsque ces témoignages de peur ou de douleur dépassent un certain seuil.

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

#### Mesurer la douleur dans l'expérimentation animale

L'outil le plus connu de la recherche sur les émotions animales est l'échelle dite de la grimace. Elle se base sur le fait que l'intensité d'une douleur aiguë peut être lue assez distinctement dans l'expression faciale grâce à des critères validés. Cette échelle fonctionne assez bien pour les souris, les rats et les lapins, remarque Hanno Würbel. Elle est souvent utilisée dans les laboratoires d'expérimentation animale pour doser correctement le traitement de leur douleur ou afin de mesurer la douleur postopératoire. Ces échelles aident à déterminer le degré de gravité d'une expérimentation.

# Un mort dans le scanner

Les autopsies ont beau être essentielles, leur nombre a chuté en Suisse. Des médecins proposent de remplacer le scalpel par l'imagerie. *Par Yvonne Vahlensieck*

**L'**autopsie permet d'établir avec certitude la cause d'un décès et constitue l'une des meilleures méthodes pour le contrôle qualité dans les hôpitaux: elle peut confirmer un diagnostic, indiquer l'efficacité d'un traitement ainsi que ses effets secondaires, ou révéler qu'un problème médical n'avait pas été pris en considération. «Un hôpital qui ne conduit pas d'autopsies ne sait pas de quoi meurent ses patients», résume Alexandar Tzankov, responsable de l'autopsie et de l'histopathologie à l'Hôpital universitaire de Bâle.

Pourtant, le nombre d'autopsies a chuté en Suisse ces vingt dernières années: il est passé de 8000 par an à 2000. Alexandar Tzankov cite plusieurs raisons. Les patients et les proches doivent donner leur accord, et ne le font pas toujours. De plus, les médecins éprouvent souvent de la difficulté à demander aux proches leur consentement lors de l'annonce d'un décès. Et certains cliniciens sont convaincus de déjà tout savoir.

## Tester la fiabilité

A l'avenir, l'imagerie médicale devrait être utilisée comme alternative à l'autopsie. «Nous pensons que les proches auraient plutôt tendance à autoriser une telle investigation non invasive qu'une autopsie lors de laquelle on ouvre le corps», avance Wolf-Dieter Zech de l'Institut de médecine légale de l'Université de Berne. Son objectif, au cours des prochaines années, est de vérifier si l'imagerie postmortem fournit des informations fiables en effectuant avant l'autopsie un scan ou une imagerie par résonance nucléaire (IRM) sur les corps. Des radiologues posent ensuite un diagnostic sur la base des clichés, sans connaissance préalable de l'anamnèse. Wolf-Dieter Zech vérifie ensuite si les résultats correspondent à ceux de l'autopsie classique.

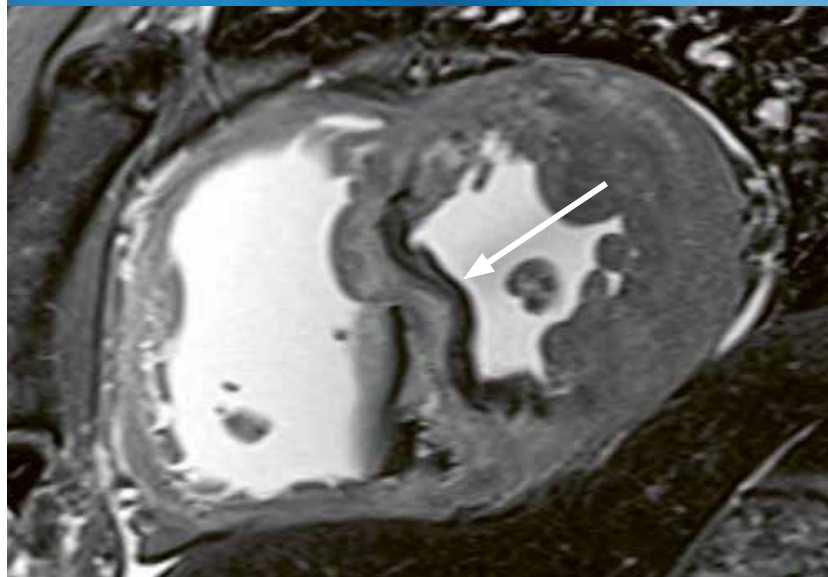
Les études menées jusque-là ont montré que les résultats d'examen fréquents, comme l'infarctus du myocarde, les tumeurs et les inflammations, étaient bien visibles avec l'imagerie postmortem. Lors d'une autopsie classique, les pathologistes identifient par exemple un infarctus du myocarde au fait que les tissus du muscle

cardiaque présentent un autre état, notamment une autre couleur. Sur une IRM, la modification du muscle cardiaque endommagé est identifiable par des niveaux de gris différents.

«Un hôpital qui ne conduit pas d'autopsies ne sait pas de quoi meurent ses patients.»

Alexandar Tzankov

Eva Scheurer, directrice de l'Institut de médecine légale de la ville de Bâle, croit elle aussi au potentiel de l'imagerie postmortem: «Après la mort, bien des choses changent dans l'organisme, et cela a un impact sur ce que l'on voit à l'IRM. Il faut donc procéder à une adaptation spécifique du protocole.» Par exemple, le contraste dans une IRM dépend largement de la température corporelle, évidemment bien plus basse dans le cas d'un cadavre, note la médecin légiste et physicienne, qui mène une étude sur la manière dont le cerveau mort apparaît à l'IRM.



La partie nécrosée de la paroi du muscle cardiaque due à un infarctus est visible aussi bien à l'IRM (en bas) que lors d'une autopsie classique (en haut). Image: IRM Bern

Autre avantage: les images numériques peuvent être évaluées par des radiologues spécialement formés. «Cela permettrait de compenser au moins partiellement la perte d'informations liée à la diminution considérable du nombre d'autopsies», estime Wolf-Dieter Zech. Eva Scheurer partage son point de vue: «L'autopsie reste l'étalon, mais en fin de compte, une IRM vaut toujours mieux que rien du tout.»

Yvonne Vahlensieck travaille comme journaliste scientifique dans la région de Bâle.

## L'imagerie élucide les crimes

En médecine forensique, le scanner fait partie de la routine depuis quelques années. Il permet aux médecins légistes d'obtenir une représentation en 3D de fractures complexes du crâne, ce qui fournit des indices sur le déroulement d'un crime et sur l'arme utilisée. Pour obtenir le même résultat avec une autopsie classique, il faut réunir et réassembler minutieusement des fragments d'os. Le scanner révèle aussi la position exacte de corps étrangers comme les balles et les fragments de métal.



shutterstock/Pavaphon Supanantananon



Comportement protecteur ou opportuniste? Ce ne sont pas ses gènes qui en décident.

### L'hérédité ne détermine pas la sociabilité de ces poissons

**A** l'instar de nombreux mammifères, certaines espèces de cichlidés ont développé un comportement social élaboré. Ces poissons s'occupent de leur progéniture en famille ou se défendent ensemble contre les ennemis. Des biologistes de l'Université de Berne ont établi que ces comportements résultaient moins de la génétique que de l'influence de l'environnement.

Les scientifiques ont soumis plus de 380 poissons juvéniles de l'espèce *Neolamprologus pulcher* à trois expériences. La première portait sur le comportement concurrentiel: ils devaient défendre leur abri contre un congénère. Dans la deuxième, elles ont examiné comment ils s'intégraient dans un groupe. La troisième a déterminé dans quelle mesure ils s'engageaient activement pour protéger le groupe ou les petits contre un poisson prédateur. Les biologistes ont ensuite relié leurs observations à la généalogie des poissons afin d'évaluer l'influence de la génétique.

Résultat: seul un des comportements s'est avéré partiellement héréditaire, celui de la défense contre le prédateur. Les deux autres - la capacité d'intégration et le comportement concurrentiel - ne le sont pratiquement pas. «Nous avons été surprises qu'un trait du comportement social soit d'origine génétique», dit Claudia Kasper, première auteure. Une étude antérieure avait déjà montré que la coopération autour de la progéniture n'était que très partiellement inscrite dans les gènes. «Nous savons désormais que les comportements complexes ne sont quasiment pas héréditaires mais résultent d'une réaction à l'environnement, dit la chercheuse. Ce n'est qu'ainsi que les êtres vivants peuvent s'adapter de manière flexible.» *Santina Russo*

C. Kasper et al.: Heritabilities, social environment effects and genetic correlations of social behaviours in a cooperatively breeding vertebrate. *Journal of Evolutionary Biology* (2019)

### Comment les champignons aggravent l'eczéma

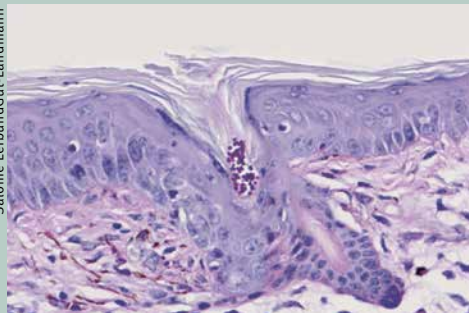
**L**es levures, notamment celles du genre *Malassezia*, ne sont pas visibles à l'œil nu mais colonisent la peau humaine. L'immunologiste Salomé LeibundGut-Landmann a montré que ce champignon déclenchait une réaction immunitaire et pouvait ainsi aggraver les symptômes d'eczéma.

Son équipe à la faculté Vetsuisse de l'Université de Zurich a développé un modèle animal qui a permis d'étudier pour la première fois en détail les interactions entre les défenses du corps et les champignons, en plaçant ces derniers sur la peau des oreilles de souris. Ils ont découvert qu'ils déclenchaient une libération accrue d'interleukine 17, une substance messagère du système immunitaire. Chez les rongeurs incapables de produire cette molécule, le champignon a proliféré de façon incontrôlable. L'expérience a confirmé que l'interleukine 17 est cruciale pour l'équilibre entre la levure *Malassezia* et les défenses de l'organisme chez la souris et sans doute chez l'humain.

Les scientifiques ont ensuite étudié ce qui se passe lorsque la peau est endommagée, comme chez les patients atteints de dermatite atopique. Ils ont légèrement blessé la surface de la peau des souris, ce qui n'a d'abord déclenché qu'une légère inflammation. Mais l'ajout de levures a ensuite considérablement renforcé la réponse immunitaire. «Cette réaction - qui normalement protège contre le champignon - aggrave les symptômes de la maladie», explique Salomé LeibundGut-Landmann. Elle dit vouloir étudier plus en détail l'interaction entre le champignon, les substances messagères du système immunitaire et la dermatite atopique afin de développer à long terme des thérapies plus efficaces. *Astrid Viciano*

F. Sparber et al.: The Skin Commensal Yeast *Malassezia* Triggers a Type 17 Response that Coordinates Anti-fungal Immunity and Exacerbates Skin Inflammation. *Cell Host & Microbe* (2019)

Fiorella Ruchti et Salomé LeibundGut-Landmann



Des champignons (en rouge foncé, dans un follicule pileux) colonisent la peau d'une souris.



Qui choisiriez-vous pour vous traiter à l'hôpital?

### La blouse blanche rassure

«Autant de blanc que possible», résume Hugo Sax. Son équipe a demandé à plus de 800 patients ambulatoires de l'Hôpital universitaire de Zurich quels vêtements ils préféreraient voir porter leurs médecins. Les participants ont évalué différentes photos de tenues et rempli un questionnaire.

Plus d'un tiers d'entre eux ont indiqué accorder de l'importance à l'apparence de leur médecin. Les habits combinant pantalon, blouse et linge de corps de couleur blanche ont obtenu les meilleurs résultats, avec des notes supérieures à 7 sur 10. Les patients y voient une manifestation de compétence, de fiabilité et de sollicitude. Les médecins en tenue d'affaires ou au contraire de style décontracté ont reçu des moyennes entre 5 et 6.

La plupart des patients semblent accorder aujourd'hui encore beaucoup de valeur aux habits traditionnels, alors même qu'ils expriment le souhait que leur médecin les traite d'égal à égal. «La blouse blanche symbolise ici probablement le côté professionnel de la personne qu'est le médecin en opposition à son identité privée», explique Sabina Hunziker, professeure de communication médicale à l'Hôpital universitaire de Bâle. «Elle dénote une personne compétente en qui le patient qui cherche de l'aide peut avoir confiance.» Pour Hugo Sax, le résultat de son étude confirme qu'un hôpital doit se préoccuper de l'apparence de ses médecins: «Elle crée une bonne base pour établir dès les premières secondes un rapport de confiance important pour le succès d'un traitement.» *Yvonne Vahlensieck*

M. Zollinger et al.: Understanding patient preference for physician attire in ambulatory clinics: a cross-sectional observational study. *BMJ Open* (2019)

M. Zollinger et al.: BMJ Open (2019)







**Démonstration pratique d'une «singularité en temps fini» à l'aide du disque d'Euler, qui tourne en accélérant jusqu'à son paroxysme, un arrêt soudain et brutal. Le phénomène se retrouve dans la croissance des bulles financières – l'un des sujets d'étude de Didier Sornette.**

# Lorsque l'eau réchauffe la planète

Le plus grand contributeur à l'effet de serre n'est pas le CO<sub>2</sub>, mais la vapeur d'eau. Des scientifiques ont récolté des données sur sa répartition dans les différentes couches de l'atmosphère afin de prédire plus précisément son impact sur le changement climatique. Avec une surprise à la clé.

Par Hubert Filsler

Les scientifiques de l'Université de Berne ont été bien étonnés lorsqu'ils ont évalué leurs données en 2018. Pendant plus de dix ans, ils avaient mesuré la concentration de vapeur d'eau dans la couche moyenne de l'atmosphère au-dessus de leur ville. Elle y avait baissé de 12% en moyenne, contrairement aux couches inférieures où elle avait augmenté. «Les causes ne sont pas encore clairement établies», confie Martin Lainer, aujourd'hui à MétéoSuisse à Locarno.

La vapeur d'eau ne constitue que quelques pourcents des molécules de l'air, mais c'est le gaz qui a le plus d'impact sur le climat (voir «Les principaux gaz à effet de serre», p. 41). «L'eau atmosphérique constitue un paramètre central pour la météo et le climat», souligne Heini Wernli de l'Institut pour l'atmosphère et le climat de l'ETH Zurich. On en trouve partout et sa présence dans les couches inférieures contribue de manière décisive à l'effet de serre naturel. Sa répartition spatiale et temporelle est longtemps restée mal connue, mais on peut désormais mesurer plus précisément sa concentration dans diverses couches d'air grâce à de nouvelles méthodes et de nouveaux instruments au sol ou embarqués dans des satellites.

## Enigme dans l'atmosphère

L'observation en Suisse du recul de la teneur en eau dans la mésosphère, à une altitude de 60 à 75 kilomètres, surprend les chercheurs: comme la quantité de méthane (dégagé principalement par l'agriculture) a augmenté et que ce gaz contient des atomes d'hydrogène, il aurait dû se former davantage de vapeur. Les chercheurs soupçonnent que les flux d'air, aussi bien verticaux qu'horizontaux, se sont modifiés dans la mésosphère. Les processus dynamiques et

chimiques précis restent un mystère - d'où l'importance des mesures effectuées dans ces régions de l'atmosphère.

Equippé d'un radiomètre micro-ondes, le centre de recherche bernois est l'une des rares stations au monde à analyser précisément la teneur en eau dans la mésosphère. Les données sont transmises au réseau mondial de stations au sol NDACC mis en place dans les années 1990 pour étudier le trou dans la couche d'ozone. Cette collaboration veut détecter les tendances à long terme ainsi que les variations cycliques. «Nos profils d'altitude ne sont mesurés que dans la région, mais sont représentatifs de l'Europe centrale», note Klemens Hocke de l'Université de Berne.

«Avec le changement climatique, l'atmosphère se réchauffe et peut absorber toujours davantage de vapeur d'eau.»

Harald Kunstmann

L'évolution de la teneur en vapeur est différente dans chaque région atmosphérique. Alors qu'elle se réduit dans la mésosphère, elle s'accroît dans les deux couches inférieures (la basse stratosphère et la troposphère). Cette tendance est confirmée autant par les données de la station bernoise que par les mesures mobiles réalisées dans toute la Suisse par la doctorante Leonie Bernet.

Le climat et la météo dépendent principalement de l'eau de la troposphère. Mais les chercheurs ignorent encore l'influence exacte de la vapeur additionnelle sur le rythme des changements. L'augmentation

des émissions de dioxyde de carbone due aux activités humaines provoque le réchauffement de la planète. Dans les couches inférieures de l'atmosphère, les interactions avec la vapeur d'eau renforcent l'effet de serre, qui constitue une sorte de manteau réchauffant l'air par absorption du rayonnement infrarouge thermique émis par la surface. Cet air plus chaud peut à son tour absorber davantage d'humidité pour des raisons physiques. C'est pourquoi la concentration de vapeur d'eau dans la basse atmosphère augmente de quelques pourcents par décennie en Suisse, explique Klemens Hocke.

## Stations au sol, avions et satellites

Les scientifiques ne veulent plus se limiter à l'étude de phénomènes isolés dans des couches particulières, mais dégager une image globale des cycles atmosphériques. La vapeur d'eau exerce une influence déterminante sur le bilan radiatif de la Terre, les processus de formation des nuages et, par conséquent, sur les précipitations. Elle est également essentielle pour le transport de chaleur sur les grandes distances. L'effet de serre naturel représente un gigantesque distributeur d'énergie et joue un rôle central dans la circulation atmosphérique.

Dans un projet commun, des climatologues de l'ETH Zurich et de l'Institut de technologie de Karlsruhe (KIT) combinent les données obtenues dans plusieurs couches par différentes méthodes pour développer un modèle tridimensionnel des processus atmosphériques et de leur évolution. Des stations au sol réunissent des données locales, des avions et des sondes saisissent de manière très précise la répartition spatiale de la vapeur d'eau tandis que des satellites mesurent tout autour de la planète une concentration verticale cumulée.





Un radiomètre micro-ondes de l'Université de Berne mesure la concentration en vapeur de l'atmosphère au-dessus de l'île de La Réunion, dans l'océan Indien. L'équipe bernoise utilise la même technologie en Suisse. Photo: Niklaus Kämpfer

Deux technologies récentes sont exploitées. Des antennes au sol mesurent le retard des micro-ondes émises par des satellites de positionnement provoqué par la vapeur traversée pour en estimer la teneur. Avec la technique des signaux RSO, l'eau perturbe la qualité des images radar, ce qui permet de déduire sa répartition spatiale dans la troposphère. «La combinaison de toutes ces données ouvre un nouveau champ méthodologique, avance Harald Kunstmann du KIT. Cela nécessite une collaboration interdisciplinaire entre physiciens, géodésiens et climatologues, comme dans notre cas entre l'Allemagne et la Suisse. Nous développons ici les bases de nouvelles méthodes.»

S'ils parviennent à relier les différentes données entre elles, les chercheurs permettront aux modélisations climatique et météorologique de progresser. Elles ne dépassaient pas auparavant les 30 kilomètres de hauteur mais atteignent désormais les 70 kilomètres. Simuler l'ensemble du cycle de l'eau atmosphérique reste cependant difficile, note le chercheur de l'ETH Heini Wernli.

En collaboration avec Matthias Schneider du KIT, il poursuit une nouvelle approche et souhaite analyser ce cycle en se basant sur la teneur en molécules d'eau de différents poids (isotopologues). Les études théoriques montrent que leur répartition pourrait livrer d'importantes informations.

Les résultats de ces recherches ouvrent de nouvelles perspectives pour une meilleure compréhension de la circulation globale de la vapeur - un puissant gaz à effet de serre - et de son influence sur la météorologie et le climat. «Avec le changement climatique, l'atmosphère se réchauffe et peut absorber toujours davantage de vapeur, ce qui modifiera l'ensemble du cycle de l'eau, dit Harald Kunstmann. Pour améliorer les prévisions, il nous faudra davantage de données sur cette vapeur et des modèles plus larges.»

Hubert Filser collabore régulièrement à l'émission télévisée Quarks & Co de la WDR et habite Munich.

### Les principaux gaz à effet de serre

- La **vapeur d'eau** constitue l'agent principal de l'effet de serre terrestre et y contribue pour environ 60%. Mais elle n'a pas déclenché le réchauffement climatique actuel. Les concentrations de CO<sub>2</sub> plus élevées et la hausse des températures qui les accompagne entraînent une augmentation de la teneur en eau, en particulier de la troposphère. Conséquence: le réchauffement se renforce encore.
- Le **dioxyde de carbone** est la cause déterminante du réchauffement climatique actuel. Depuis le début de la révolution industrielle,

sa proportion dans l'atmosphère a augmenté en raison de la combustion des énergies fossiles, de la production de ciment et de la déforestation à grande échelle.

- Le **méthane** est bien plus rare que le CO<sub>2</sub> mais ses molécules ont un fort potentiel d'effet de serre. Sa proportion dans l'atmosphère est aujourd'hui deux fois et demie plus importante qu'à l'ère préindustrielle. Il provient principalement de l'élevage et de l'agriculture ainsi que du permafrost qui fond en raison du réchauffement climatique.

- L'**ozone** exerce dans la troposphère une grande influence sur le bilan radiatif de la Terre. Il y est généré à partir du monoxyde de carbone et du méthane. La teneur en ozone s'est accrue de 40% depuis l'époque préindustrielle.
- Les **gaz industriels**, notamment les halocarbures tels que les CFC, ne se retrouvent qu'en faible proportion dans l'atmosphère mais ont une longue durée de vie avec un effet de serre très important.

# L'expérience Hemberg

Pour comprendre comment le développement des villes influence celui de leur système énergétique, une équipe a commencé par les 150 bâtiments d'une petite commune: Hemberg, dans le canton de Saint-Gall.

Par Geneviève Ruiz

**L**es villes vont énormément croître ces prochaines années et sont appelées à jouer un rôle crucial dans la transition vers les énergies vertes. La forme prise par leur développement a un impact sur tout leur système énergétique, à savoir l'intégration des énergies renouvelables, l'efficacité thermique des bâtiments ou encore la consommation d'énergie. C'est ce que montre une étude menée par Nahid Mohajeri au Laboratoire d'énergie solaire et physique du bâtiment de l'EPFL. Dans une première étape, elle a comparé l'impact de deux scénarios de croissance d'un village sur son système énergétique futur: soit la densification (notamment avec des constructions en hauteur), soit l'extension géographique dans les environs.

## Un village décortiqué

La particularité de cette recherche: elle s'est penchée sur un cas concret, la commune saint-galloise de Hemberg, 920 habitants. Les scientifiques ont mené de 2017 à 2018 une vaste collecte de statistiques et de données sur le terrain - chacun des 150 bâtiments du village a été examiné. «Nous avons utilisé des logiciels tels QGIS ou CitySim pour produire différents scénarios d'évolution du village d'ici trente ans, explique la chercheuse, ancienne postdoctorante à l'EPFL, aujourd'hui à l'Université d'Oxford. Nous avons d'abord examiné l'évolution de la population et des bâtiments, puis celle de l'efficacité énergétique des bâtiments en lien avec le climat, et pour finir la production d'énergies durables en lien avec les coûts des technologies. Nous avons ensuite combiné ces résultats afin de calculer l'impact du type de forme urbaine sur tout le système énergétique. C'est une première, car les travaux jusqu'à présent avaient analysé les formes urbaines en lien avec un seul aspect du système énergétique.»

Les différentes simulations indiquent notamment qu'en 2050 Hemberg aura 1300 habitants et que son électricité et son chauffage proviendront à plus de 75% d'un



En simulant l'évolution de chacun des 150 bâtiments du village de Hemberg, une étude veut comprendre quelle croissance urbaine facilite la transition énergétique. Image: N. Mohajeri et al. (2019)

mélange d'éolien et de photovoltaïque local. Le réchauffement climatique conduira à une hausse de 115% de la demande de refroidissement des habitations, tandis que le coût des technologies de l'énergie aura baissé de 50%.

Sans trop de surprise, la densification se révèle la meilleure solution. «La grande différence réside dans la consommation énergétique, nettement moindre que dans le scénario de l'extension, précise Nahid Mohajeri. Densifier permet notamment de mieux conserver la chaleur dans les bâtiments. Par contre, le point faible est de laisser moins d'espace sur les toits pour le photovoltaïque. Chaque forme urbaine a ses avantages et inconvénients, qu'il faut mettre en balance pour trancher. D'ailleurs, dans certaines villes comportant des immeubles très hauts, l'effet d'ombre ou le peu d'espace pour des panneaux solaires feront pencher davantage vers une extension urbaine.»

## L'énergie avant le design

L'analyse est partagée par Christian Schaffner, directeur de l'Energy Science Center de l'ETH Zurich. Il estime cependant qu'il ne faudrait pas oublier les autres bénéfices de la densification, notamment en termes de mobilité ou d'une occupation réduite du sol. Et note que des panneaux photovoltaïques peuvent aussi être déplacés à l'extérieur de la ville, «voire dans les Alpes».

Pour Christian Schaffner, prendre en considération à la fois la question de l'extension d'une ville et les changements de son système énergétique a beaucoup de potentiel: «Cela peut clairement aider les responsables locaux dans leurs prises de décision. A l'heure actuelle, la question énergétique intervient souvent trop tard dans la planification urbaine: on pense d'abord au design des bâtiments, puis aux routes et, seulement en dernier, à l'énergie. Cela devrait être l'inverse.» Les solutions pour la transition énergétique viendront de perspectives multidisciplinaires, comme celle de l'étude sur Hemberg: «Il faut des psychologues, des sociologues, des économistes, des urbanistes et des architectes qui collaborent avec des ingénieurs. Car si les solutions techniques existent, leur implémentation reste complexe.»

En attendant, l'équipe de Nahid Mohajeri continue de développer son modèle de simulation. «Nous voulions prouver sa robustesse avec un petit village. Nous allons maintenant le tester sur des villes plus grandes.» Une tâche nettement plus ardue, car elle impliquera d'immenses jeux de données. Mais la chercheuse se montre confiante: «Je suis persuadée que cela aidera les villes à devenir plus vertes.»

Geneviève Ruiz est journaliste à Nyon (VD).





Des caméras suivent le vol d'insectes dans un corridor aux parois bariolées.

## Le vol du bourdon inspire les drones

Une étude helvético-suédoise a décrypté les mécanismes du vol du bourdon. Elle montre que ses yeux constitués de milliers de facettes traitent les informations visuelles d'une manière surprenante et économe en énergie.

Lorsqu'un animal se déplace, les éléments du monde extérieur bougent dans son champ de vision d'autant plus rapidement qu'ils sont proches. Cette information lui permet de déterminer la distance des obstacles et d'adapter la trajectoire. Mais les insectes effectuent la tâche différemment. «Nous pensions que le bourdon calculait la moyenne des informations transmises par ses yeux, explique Emily Baird, biologiste à l'Université de Lund. Nos travaux suggèrent qu'il ne prend en compte que l'élément dont le déplacement perçu est le plus rapide.» Le système nerveux peut se concentrer sur une infime partie du champ visuel et éviter de longs calculs, car chaque facette est gérée par son propre groupe de neurones.

Les scientifiques ont développé des simulations informatiques du vol d'un insecte reposant sur cette hypothèse. Ils les ont comparées à des enregistrements par caméras de vols de bourdons effectués dans un parcours artificiel bardé de repères visuels contrastés.

Ces travaux sont intéressants pour les drones autonomes, explique Dario Floreano, roboticien à l'EPFL et coauteur de l'étude: «Les prototypes utilisant l'intelligence artificielle doivent être suffisamment massifs pour transporter le système de calcul. Au contraire, imiter le traitement visuel du bourdon permet de produire de petits drones autonomes agiles et efficaces.» L'équipe teste déjà un tel prototype. Son vol présenterait les mêmes caractéristiques que l'insecte qui l'a inspiré.

Lionel Pousaz

J. Lecoer et al.: The role of optic flow pooling in insect flight control in cluttered environments. Scientific Reports (2019)

## Le manteau neigeux influence la fonte des pôles

Le réchauffement climatique provoque la fonte des calottes polaires. Des modèles informatiques calculent combien il reste de glace polaire et estiment la rapidité à laquelle elle disparaîtra. Mais ils ne sont pas assez précis, en particulier en raison de la neige recouvrant la glace qui forme une couverture isolante et influence fortement la vitesse de la fonte. Des chercheurs de l'EPFL et de l'Institut pour l'étude de la neige et des avalanches (SLF) à Davos ont développé avec des collègues allemands un modèle qui intègre enfin en détail l'influence de la neige.

«La neige est bien plus complexe que la glace», explique Michael Lehning du SLF. D'un côté, elle ralentit la fonte de la glace parce qu'elle réfléchit mieux la lumière du soleil. Mais de l'autre, la couverture neigeuse a un effet isolant: elle retient la chaleur dans la glace et empêche que davantage d'eau de mer ne gèle. Elle forme en outre des couches qui ont des microstructures différentes, conduisent plus ou moins fortement la chaleur dont l'influence sur la glace varie. Finalement, la neige peut aussi favoriser la formation de glace simplement à cause de son poids, qui pousse les plaques de glace flottantes plus profondément dans la mer, ce qui augmente la masse d'eau qui gèle à son contact.

Les chercheurs ont choisi une nouvelle approche. Plutôt que d'intégrer la neige dans un modèle de glace déjà existant, ils ont ajouté un module de glace de mer dans leur modèle pour la neige appelé Snowpack. Ils ont notamment utilisé les mesures de bouées météorologiques de la mer de Weddell en Antarctique.

«Notre nouveau modèle rend plus précisément compte de l'influence de la neige sur la glace polaire», dit Michael Lehning. Les chercheurs travaillent maintenant à l'intégration de Snowpack dans un modèle météorologique global. «Il permettra par exemple de réaliser une simulation pour l'ensemble de l'Antarctique.» *Santina Russo*

N. Wever et al.: Version 1 of a sea ice module for the physics based, detailed, multi-layer SNOWPACK model. Geoscientific Model Development (2019)



Des mesures faites dans la mer de Weddell en Antarctique ont produit les données du modèle.



Prometteuses, mais encore au stade de prototype: des cellules photovoltaïques en pérovskite.

## Une couche protège des cellules solaires en pérovskite de l'humidité

Les cellules photovoltaïques en pérovskite promettent un rendement élevé pour des coûts de production bas. Mais elles présentent un inconvénient: en conditions réelles, elles perdent rapidement leur efficacité, notamment en raison de l'humidité de l'air. Une équipe de l'EPFL a réussi à améliorer nettement leur stabilité. Ils ont combiné le matériau en pérovskite, efficace pour absorber et convertir la lumière solaire en électricité, avec une couche mince du même minéral traité de manière novatrice.

Cette couche bidimensionnelle contient des molécules développées par l'équipe, chargées positivement et hydrofuges. Elle empêche l'humidité d'atteindre le matériau absorbant la lumière et de l'endommager: «1000 heures d'exploitation sous une lumière artificielle et à l'air humide n'ont réduit l'efficacité de la cellule que de 10%, contre 60% pour des cellules pérovskites normales», détaille Yuhang Liu, premier auteur de l'étude.

Avec un rendement initial de 22%, le dispositif de l'EPFL figure parmi les cellules à pérovskites à deux couches les plus efficaces à l'heure actuelle. «Il s'agit toutefois d'une valeur de laboratoire, et elle reste encore inférieure à la performance des cellules en silicium, note Yuhang Liu. Mais ce rendement est bien supérieur à celui d'autres technologies novatrices, comme les cellules à pigments photosensibles.» Pour les scientifiques, cette performance pourrait être liée au nouveau matériau hydrofuge: il favoriserait l'extraction de charges électriques positives générées dans la couche de pérovskite par l'absorption de la lumière. *Irene Bättig*

Y. Liu et al.: Ultrahydrophobic 3D/2D fluoroarene bilayer-bawssed water-resistant perovskite solar cells with efficiencies exceeding 22%. Science Advances (2019)

# Cliquez, vous êtes sondés!

Les sondages en ligne ont remplacé le téléphone pour mesurer l'opinion avant les élections fédérales. Explications.

Texte: Benjamin Keller

Infographie: CANA atelier graphique



Pour la première fois, les préférences politiques de la population suisse avant des élections fédérales sont uniquement mesurées à l'aide d'enquêtes en ligne - et non plus par téléphone.

Les sondages par internet ont un atout de taille: leur coût bien moins élevé. La récolte des données est facilitée au moyen de questionnaires diffusés sur les portails électroniques des médias que les internautes remplissent eux-mêmes. En quelques jours, des milliers de réponses sont recueillies.

Mais il ne faut peut-être pas enterrer tout de suite le combiné. Codirecteur de l'institut Gfs Bern, Urs Bieri estime que les sondages téléphoniques sont «considérés à tort comme obsolètes», alors que «presque tout le monde» peut encore être joint par ce biais. Il rappelle que l'utilisation des numéros de portable a permis de réduire le problème de couverture.

Urs Bieri s'étonne qu'à l'inverse d'autres pays, le débat à ce sujet soit absent en Suisse. Il souligne qu'en Allemagne, notamment, les enquêtes téléphoniques restent la référence et qu'elles sont revenues en force aux Etats-Unis après un emballement pour les sondages en ligne. Son institut mêle les deux pour les votations portant sur des initiatives et des référendums.

## COMMENT FONCTIONNE UN SONDAGE EN LIGNE



1 Un groupe de presse commande une enquête à un institut spécialisé avant les élections fédérales, lequel publie un questionnaire sur les sites des journaux du groupe. Ce sera l'unique **source** du sondage.

Certains chercheurs examinent d'autres **sources** potentielles, notamment les réseaux sociaux. Le politologue Pablo Barberá de la London School of Economics a montré que l'on pouvait déterminer le positionnement idéo-

logique des utilisateurs de Twitter en analysant les comptes auxquels ils sont abonnés. Mais prédire le résultat d'élections exige de savoir s'ils ont l'intention de voter. Et pour cela, un sondage s'impose.

## Les rois des sondages

### Leewas

Créé à Zurich par les politologues Lucas Leemann et Fabio Wasserfallen, Leewas réalise depuis 2014 des sondages en ligne sur les votations fédérales pour le compte du groupe Tamedia et désormais aussi pour les élections. Cette infographie se base sur leur méthodologie.

### Sotomo

Fondé en 2007 à Zurich par le géographe Michael Hermann, Sotomo s'occupe pour la première fois, à l'occasion des élections fédérales 2019, des baromètres électoraux de la SSR (via des enquêtes en ligne). Ils étaient auparavant confiés à Gfs Bern (téléphone).

### Gfs Bern

Gfs Bern (1959, Berne) est chargé des sondages pour les votations (téléphone/en ligne) pour la SSR. Il effectue aussi des extrapolations le jour des élections fédérales en se basant sur les résultats de 300-400 communes, soit environ une commune suisse sur six.



2



Jacques Bron lit le journal sur son téléphone. Il y découvre le sondage et décide d'y participer. Il donne des renseignements sur sa personne (sexe, âge, etc.) et dit pour quel **parti** il voterait – si les élections avaient lieu le jour même. Une base de données recueille ces informations.

Certains **partis** tels que l'UDC en Suisse donnent du fil à retordre aux sondeurs. En 2011, ils n'avaient pas vu le recul de la formation au Conseil national. Avant les élections zurichoises du 24 mars 2019, Sotomo avait annoncé une baisse de 1,8 point pour l'UDC, qui a en fait régressé de 5,6 points. Urs Bieri lie cela au profil de certains électeurs du parti: pas forcément très politisés, protestataires et qui se décident parfois tardivement à voter. Lucas Leemann de Leewas n'exclut pas une «surprise» concernant l'UDC aux prochaines élections fédérales d'octobre 2019.

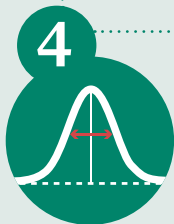
3



14 000 réponses sont récoltées en deux jours. Les politologues ferment le sondage et commencent l'**analyse des données**. L'objectif est d'extrapoler à partir de cet échantillon les intentions de l'ensemble des personnes prévoyant de voter.

Les **données** sont d'abord nettoyées pour ne garder que les plus fiables. Environ 15% sont supprimées, par exemple si elles sont incomplètes ou si leur qualité paraît douteuse. Les politologues appliquent ensuite la méthode dite MRP (pour «multilevel regression with post-stratification»): ils classent les intentions de vote des sondés en fonction de paramètres démographiques (âge, formation, etc.), et créent des modèles de réponses pour des idéaux-types. Un exemple: une jeune femme vivant dans une commune urbaine du canton de Zurich affectionne tel parti. Reste à ajuster ces préférences en fonction du poids démographique de ces types dans la population électorale réelle, basé sur les statistiques officielles.

4



Une fois les calculs terminés, les politologues compilent les résultats dans un rapport, envoyé aux médias, en précisant que la **marge d'erreur** se chiffre à 1,5%.

Une **marge d'erreur** de 1,5% signifie que le score réel d'un parti peut varier de plus ou moins 1,5 point par rapport au résultat indiqué dans le sondage. Elle se réfère toujours à un intervalle de confiance, le plus souvent de 95%: les résultats ont, statistiquement, 95% de chances de se situer à l'intérieur de la marge d'erreur. Elle dépend du nombre de personnes questionnées, mais aussi de leur distribution – elle sera par exemple très élevée dans le cas où seules des femmes universitaires participent.

5



Jeanne Dupont, journaliste, prépare un article sur le sondage. Elle appelle ses auteurs car elle a des questions liées à sa fiabilité. Le fait que seules des personnes qui lisent les médias en ligne aient participé n'induit-il pas un **biais**?

Pour Lucas Leemann de Leewas, le fait que ce soient les gens intéressés par l'actualité qui participent le plus aux sondages constitue un avantage plutôt qu'un **biais**: «Ce sont également les plus enclins à voter. Il s'agit donc d'une forme d'autosélection qui nous aide. Ce qui serait mauvais, ce serait que les gens les plus susceptibles de voter ne participent jamais aux sondages. Or il est difficile d'imaginer un tel profil.» C'est d'ailleurs pour cette raison qu'il ne juge pas utile d'estimer la participation.

6

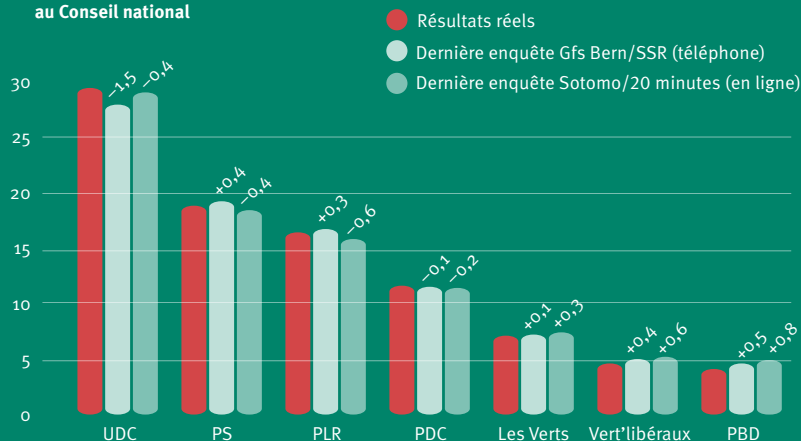


Les médias publient les résultats du sondage accompagnés de réactions des partis et d'analyses politiques. Jacques Bron remarque que son parti préféré est en baisse de 1,5 point. Mais cela n'aura pas d'**influence** sur ses intentions de vote.

De nombreuses études ont été menées pour savoir si les résultats des sondages **influençaient** les électeurs. Elles arrivent toutes à la conclusion que les effets sont négligeables. Au pire, ils s'annulent: certaines personnes sont influencées dans un sens et d'autres dans l'autre. Tant Urs Bieri que Lucas Leemann partagent les conclusions des recherches menées jusqu'ici.

## Précision des prédictions lors des élections fédérales de 2015

Force électorale en % au Conseil national



Sources du graphique: Statistique suisse, Gfs Bern, 20 minutes.

# Trop beau pour être vrai

Les films biographiques dépouillent souvent les personnalités complexes de leur profondeur. Une spécialiste du cinéma décrypte le genre, alors qu'un ethnologue critique certaines libertés prises par le biopic «Bruno Manser - La voix de la forêt tropicale», bientôt en salles.

Par Judith Hochstrasser

**U**n homme blanc de grande taille. Derrière lui, une rangée d'hommes, de femmes et d'enfants asiatiques, en pagne. La scène vient du trailer de «Bruno Manser - La voix de la forêt tropicale» qui sortira cet automne. Elle montre le blocage d'une route sur l'île de Bornéo et fait partie de l'histoire de Bruno Manser, qui se battait contre la destruction de la forêt tropicale aux côtés du peuple penan. L'activiste bâlois y a disparu en l'an 2000.

Adrian Linder a lui aussi longtemps vécu à Bornéo. Il y a accompagné un moment l'équipe de tournage comme repereur avant de suivre de manière informelle le développement du scénario. L'ethnologue bernois critique certains éléments de la scène: «L'équipe l'a reconstituée à partir de photos du véritable blocage. Sauf que les protagonistes sont des gens ordinaires habillés normalement. Seuls quelques hommes portaient leur tenue de guerre traditionnelle.»

L'équipe du film réalisé par Niklaus Hilber a donc occulté cet aspect banal. «Ils ont distribué des pagnes à tout le monde et placé l'acteur Sven Schelker au premier plan. Le Suisse qui prend la tête du peuple primitif et naïf. Il s'agit d'une grave falsification. Egalement à l'égard de ce qui était important pour Bruno Manser.» Car l'activiste restait à l'écart de telles actions pour éviter qu'on puisse lui reprocher d'y avoir poussé les gens. Adrian Linder critique ces divergences avant tout parce que le film est présenté comme une «histoire vraie». La production du film n'a pas voulu s'exprimer sur ces objections.

## Harmonie plutôt que ruptures

La théoricienne du cinéma Margrit Tröhler de l'Université de Zurich reconnaît là une contradiction typique des films biographiques. Ils se veulent crédibles mais sans renoncer au spectacle, si bien que souvent on idéalise et embellit. Elle donne l'exemple de «La liste de Schindler» de Steven Spielberg sorti en 1993 sur l'industriel Oskar Schindler qui avait sauvé plus de 1100 personnes juives de la déportation à l'époque nazie: «Le film avait provoqué une grande polémique. On lui reprochait d'héroïser un Allemand et de relativiser l'Holocauste. Ce sont des questions éthiques: où se situent les limites lorsqu'on veut rester proche des faits historiques mais aussi raconter une histoire passionnante?»

Les biopics présentent en général des histoires bien huilées aux dépens des ambiguïtés des personnages. Mais pas toujours, comme «I'm not there» de 2007, dans lequel cinq actrices et acteurs incarnent Bob Dylan. «On n'a pas cherché la véracité, mais à saisir une manière d'être et des ambiances», note Margrit Tröhler. Le récit d'une vie entière ne peut revêtir pratiquement que la forme d'une mosaïque.

«Les images personnelles et les clichés imprègnent toutes les cultures.»

Margrit Tröhler

La spécialiste ne s'étonne pas non plus qu'Adrian Linder ait constaté des stéréotypes colonialistes durant le développement du scénario, du type «le héros occidental et le noble sauvage». C'est un classique lorsque indigènes et Blancs se retrouvent dans un film, biopic ou non. Alors qu'il voulait se racheter pour la vision unilatérale présentée dans les films d'Indiens

du passé, «Danse avec les loups» de Kevin Costner n'a guère fait mieux, poursuit Margrit Tröhler: le héros occidental devient finalement plus indien que les Indiens eux-mêmes, alors que le schéma du bon et du méchant est simplement inversé: à l'exception du héros, tous les Blancs sont mauvais. Un manichéisme qui, pour Adrian Linder, se retrouve dans le biopic sur Bruno Manser: «Dans les versions du scénario que j'ai pu lire, tous les méchants parlaient anglais.»

«Briser les stéréotypes sur les indigènes dans un biopic ou une fiction exige de s'attacher à cet objectif dès le début, avance Margrit Tröhler. Cela demande une réflexion poussée devant commencer bien avant le premier tour de manivelle. Les images personnelles, les clichés culturels et les modes narratifs circulent et imprègnent toutes les cultures. On ne crée pas de nouvelles images à partir de rien.» L'opinion définitive sur la biographie filmée de Bruno Manser devra attendre sa sortie en salles.

Judith Hochstrasser est rédactrice d'Horizons.



Scène clé: en 1989, des Penans bloquent une route. Ils sont habillés normalement; l'activiste Bruno Manser est absent. La scène est bien différente dans le trailer d'un biopic consacré au Suisse: il mène le groupe d'indigènes, qui portent des pagnes. Photo: © BMF/eff Libmann



# En quête de l'histoire subjective

Interroger les témoins vivants d'une époque fait ressurgir une partie inédite de l'histoire. Le réseau national Oral History aide les historiens à éviter les pièges de la méthode, explique son coprésident, Dominik Streiff Schnetzer.

*Propos recueillis par Judith Hochstrasser*



L'historien Dominik Streiff Schnetzer (à droite) interroge le journaliste Stefan Keller pour le projet Journalistory. L'objectif est de constituer une archive audiovisuelle du journalisme de qualité depuis les années 1960. Photo: Peter Hammann

**Imaginons: des historiens recueillent le témoignage d'une femme victime de discriminations ou de persécutions en raison de son appartenance à une minorité. Pourquoi a-t-on besoin de l'histoire orale pour étudier de tels sujets?**

Vous êtes journaliste; je suis historien et curateur du Musée historique de Thurgovie. Nous appartenons à une élite qui a les moyens de se faire entendre par le grand public. Un objectif central de l'histoire orale consiste à donner une voix à des groupes de gens qui n'en ont pas. Ils ont besoin d'une instance qui ne les instrumentalise pas.

**Qui pourrait les instrumentaliser?**

Prenez l'exemple des recherches actuelles sur le Thurgovien Roland Kuhn. Sous son égide, des médicaments furent testés dès les années 1950 sur des patients de l'ancienne clinique psychiatrique de Münstertlingen. En tant que journaliste, vous pourriez partir de la thèse qu'il a agi tout à fait correctement et poser aux témoins de l'époque des questions allant en ce sens. En revanche, un historien ne les utilise pas dans le but d'étayer une thèse; il recueille leur témoignage dans toute leur diversité et leur complexité.

**Qu'apportent ces sources subjectives à la compréhension du passé?**

L'ambition n'est pas de restituer des époques entières, mais de générer de nouvelles sources. Les historiens les traitent et les comparent avec d'autres documents de la même époque: des pièces officielles, des photographies ou des dossiers judiciaires. Ils tirent ensuite leurs conclusions. Il n'existe d'ailleurs pas de sources objectives.

**Ces interviews ne risquent-elles pas de réveiller des traumatismes vécus?**

C'est un dilemme. Les sciences historiques se focalisent souvent sur les conflits et sur les ruptures. Des égards particuliers sont

endus aux personnes ayant vécu des expériences difficiles. Il nous manque à nous, les historiens, les compétences pour interroger ces personnes de manière experte sur le plan psychologique. L'histoire orale cherche encore trop rarement à coopérer avec les psychologues. Elle demande à être développée à cet égard.

**Quelles sont les exigences pour mener un entretien d'histoire orale de manière scientifique?**

L'intervention combinée de trois groupes: l'un mène les entretiens préliminaires pour identifier les témoins adéquats. Un autre conduit les entretiens, cela afin d'éviter que l'interlocuteur ne pense sans cesse: «Mais je lui ai déjà raconté ça!» Un troisième groupe évalue les interviews, car les deux premiers ont tissé des liens qui risqueraient de les influencer. Les souvenirs subjectifs portent toujours la marque de la mémoire collective et des discussions dans la société. C'est l'une des raisons pour lesquelles l'histoire orale est peu utilisée dans l'espace germanique, alors que les Anglo-Saxons ont moins de scrupules.

**Ça a l'air compliqué.**

L'histoire orale est très exigeante. Aussi d'un point de vue technique: les entretiens doivent être filmés afin de saisir les gestes et les expressions des visages, ce qui pousse certains historiens à leurs limites. Il faut ensuite transcrire les vidéos et en assurer la conservation, au mieux dans des archives. Ce qui exige d'importantes

ressources. Voilà pourquoi l'histoire orale professionnelle est menée surtout dans le cadre de grands projets tels qu'Archimob (voir «Conserver les paroles»). Toutefois, cela ne doit pas empêcher tous les responsables de projets de prendre l'histoire orale au sérieux. Parce que les souvenirs des témoins d'une époque font partie de notre mémoire culturelle.

Judith Hochstrasser est rédactrice d'Horizons.

## Conserver les paroles

L'histoire orale est née dans le monde anglo-saxon au cours des années 1930. Par le questionnement systématique des témoins d'une époque à des fins historiques, elle met au jour des expériences qui n'ont pas laissé de traces écrites.

Cette méthode s'est développée en Europe continentale il y a une vingtaine d'années. L'association Archimob a réalisé le plus grand projet d'histoire orale de Suisse soutenu par des fonds publics: entre 1999 et 2001, elle a enregistré en vidéo 555 témoignages sur des expériences personnelles vécues durant la Seconde Guerre mondiale. Le FNS soutient une trentaine de projets basés sur cette méthode.

Pascal Gygax et al. (2019)



Cette image correspond-elle selon vous à «des boxeurs»? Des enfants ont fait le test.

## Le masculin générique n'est pas compris des enfants

Lorsque nous entendons ou lisons «les musiciens», nous pensons d'abord à des hommes et non pas à un groupe mixte. Cette inclination a son ancrage dans la petite enfance, montre une recherche de l'Université de Fribourg: les enfants de l'étude, âgés de 2 à 5 ans, considèrent que le masculin pluriel désigne vraiment des hommes.

L'équipe du psychologue Pascal Gygax a analysé comment 52 élèves d'école enfantine à Genève et à Lausanne géraient l'ambivalence du masculin générique. Les scientifiques ont présenté aux enfants deux dessins - l'un avec une paire de deux garçons, l'autre mixte - en leur demandant de regarder «les chauffeurs de taxi», «les coiffeurs» ou «les musiciens». Les paires portaient les mêmes attributs caractéristiques des différentes professions.

L'équipe a observé les mouvements des yeux des enfants à l'aide d'un système de suivi oculaire infrarouge. Résultat: les enfants regardaient plutôt la paire de garçons dans le cas de professions associées à des stéréotypes masculins (comme les chauffeurs de taxi) et la paire mixte dans le cas de stéréotypes féminins (comme les coiffeurs). Dans le cas d'un profil de métier neutre (comme les musiciens), le genre grammatical dominait leurs réactions, alors même qu'ils n'avaient eu aucun enseignement de grammaire sur les genres des terminaisons des adjectifs.

«Ce n'est pas très encourageant, commente Pascal Gygax. Cela signifie qu'à cet âge déjà, les enfants commencent à développer une perspective chargée de préjugés sur la société.» Cette tendance était d'ailleurs particulièrement marquée chez les filles. «Comme on s'adresse à elles généralement avec la forme féminine, la forme masculine est celle qui ne les concerne pas.» Judith Hochstrasser

Pascal Gygax et al.: Exploring the Onset of a Male-Biased Interpretation of Masculine Generics Among French Speaking Kindergarten Children. *Frontiers in Psychology* (2019)

## Solidarité à l'Age de pierre

Couche après couche, les archéologues ont pénétré dans l'histoire du Plateau suisse. Les éboulis du Mühlebach à Oberbipp (BE) sont aujourd'hui dominés par le centre historique du village, les édifices antérieurs de l'église du VIIIe siècle, un cimetière du bas Moyen Age et les vestiges d'un domaine romain. L'excavation d'un bloc de pierre gênant près de la gare a permis de dégager une chambre funéraire de 2 mètres carrés, datant d'il y a 5000 ans environ et faite de dalles de calcaire du Jura soigneusement agencées. Les fouilles menées par la suite ont révélé plus de 2000 fragments d'os humains.

De nouvelles analyses anthropologiques réalisées par des chercheurs de l'Université de Berne offrent un aperçu unique de la vie des paysans du Néolithique au pied du Jura. «On trouve des tombes mégalithiques en Suisse et dans les régions avoisinantes, mais il est rare qu'on y découvre autant d'ossements humains», souligne Sandra Lösch, responsable de l'étude. Avec Inga Siebke et une équipe interdisciplinaire, la chercheuse a réussi à identifier au moins 42 femmes et hommes de toutes les classes d'âge, qui mesureraient en moyenne 1,55 m à l'âge adulte.

Les analyses des altérations osseuses, des fractures ressoudées et des déformations articulaires fournissent des indications sur leur santé et permettent aux chercheurs de tirer des conclusions sur le comportement social de l'époque: les blessés devaient bénéficier de l'aide quotidienne de la communauté. Elles n'ont trouvé aucune marque de violences. Quant aux caries présentes sur environ 8% des dents, elles renseignent sur l'alimentation: cette communauté agricole ingérait des aliments riches en hydrates de carbone. Des analyses en cours devraient fournir des détails sur la composition précise de ses menus. *This Rutishauser*

Siebke et al.: Who lived on the Swiss Plateau around 3300 BCE? Analyses of commingled Human Skeletal Remains from the Dolmen of Oberbipp. *International Journal of Osteoarchaeology* (2019)

Archäologischer Dienst Bern



Des archéologues ont fait parler ces fragments d'os trouvés à Oberbipp (BE). Leur âge: 5000 ans.



Keystone/Armin Mathis

A cheval sur le Tessin et les Grisons, le plateau de la Greina aurait fait partie du parc Adula.

## Pourquoi le second parc national a échoué

Son territoire inclut une diversité unique de paysages et d'écosystèmes entre 397 et 3402 mètres d'altitude et comprend le haut plateau de la Greina. Mais le projet de second parc national en Suisse, le parc Adula, ne sera pas concrétisé. Huit des 17 communes tessinoises et grisonnes concernées se sont prononcées contre le projet. Le référendum a anéanti en novembre 2016 seize ans de planification minutieuse, de discussions et de négociations.

Annina Helena Michel et André Bruggmann de l'Institut de géographie de l'Université de Zurich ont examiné les facteurs ayant mené à l'échec du projet. Leurs données sont issues de procédés de l'ethnographie, notamment des observations et des discussions menées avec la population et tous les acteurs. Ils les ont analysées aussi bien avec des méthodes quantitatives que qualitatives.

Les deux scientifiques ont cherché à mieux comprendre les différents enjeux des discussions entre les protagonistes afin d'identifier les faiblesses dans la communication. Ils ont en particulier constaté une lacune entre la science et la politique; les politiciens n'ont pas su convaincre totalement la population de l'intérêt que ce parc représentait pour eux.

La planification d'une réserve naturelle exige une communication subtile, indiquent les chercheurs. Elle prendra en compte de nombreux aspects, y compris l'influence de langues différentes et l'intérêt porté à la protection de la nature. En bref, une bonne communication devrait être en mesure de dissiper aussi les malentendus et les rumeurs. L'étude pourrait à l'avenir constituer une base prometteuse pour la communication autour de nouveaux projets. *Franca Siegfried*

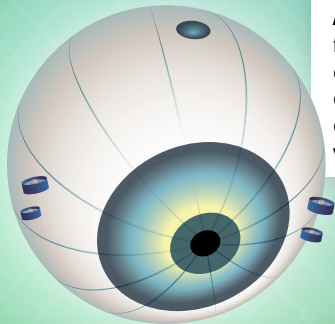
A. H. Michel und A. Bruggmann: Conflicting Discourses: Understanding the Rejection of a Swiss National Park Project Using Data Analysis Triangulation. *Mountain Research and Development* (2019)



# La ménagerie des drones

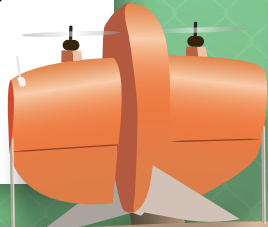
Intrépides ou féroces d'altitude, solitaires ou en groupe, les drones helvétiques présentent une diversité fascinante. Petit bestiaire de ces drôles d'oiseaux.

Texte: Florian Fisch  
Infographie: ikonaut

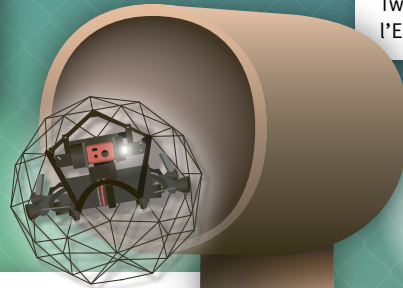


**Aerotain** est un habitué des grandes manifestations. Contrôlé par smartphone, il prend des photos et des vidéos et arbore fièrement des messages publicitaires. Aime prendre différentes formes et porter des couleurs variées. Origine: ETH Zurich.

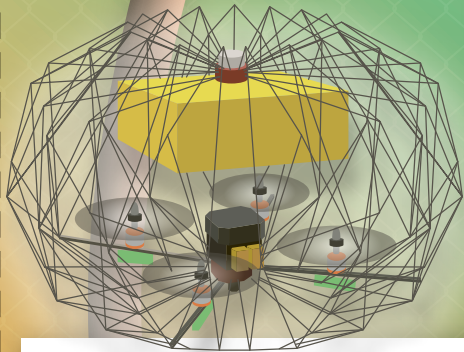
**Wingtra** est une star du décollage vertical et des atterrissages au plus court. Profitant de ses ailes horizontales, il parcourt de vastes étendues et produit des cartes à l'aide de sa caméra haute définition. Origine: ETH Zurich. Autre amateur des vols longue distance: Sensefly, originaire de l'EPFL.



**Flyability** ne craint pas les sites dangereux grâce à son enveloppe protectrice. Son stabilisateur lui permet de naviguer tout seul dans des couloirs étroits sans GPS. Origine: EPFL.

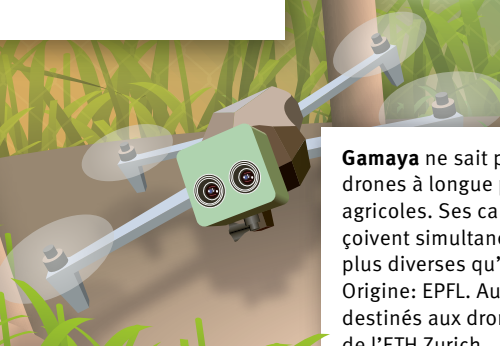


**Skypull** raffole des vents forts à 400 mètres d'altitude. Attaché par un câble à un générateur électrique placé au sol, il lui transfère l'énergie éolienne. Origine: ETH Zurich. Autre producteur de courant: Twingtec, originaire de l'EMPA, la FHNW et l'ETH Zurich.



**Verity** se déplace en essaim. Célèbre pour ses spectacles lumineux, il navigue également avec aisance à l'intérieur grâce à sa géolocalisation basée sur l'ultra wideband. De petite taille, léger et inoffensif. Origine: ETH Zurich.

**Dronistics** ne mord pas et se montre facile d'usage. Il franchit les zones les plus impraticables pour revenir jusqu'à son maître, qui le pliera pour le glisser dans son sac à dos. Origine: EPFL.



**Gamaya** ne sait pas voler, mais se colle aux drones à longue portée survolant les terres agricoles. Ses caméras hyperspectrales perçoivent simultanément les longueurs d'onde les plus diverses qu'il sait interpréter et analyser. Origine: EPFL. Autres yeux supplémentaires destinés aux drones: Pix4D de l'EPFL et Skybotix de l'ETH Zurich.

**Fotokite** se définit comme robuste, éprouvé et indépendant. Il survole avec calme et sans pilote les lieux d'accidents où règne la confusion et fournit des images aériennes aux forces d'intervention pendant des heures grâce à son câble électrique et à sa caméra thermique. Origine: ETH Zurich.



# Abolir les emplois à vie

Par Antonio Loprieno

On le sait: dans la recherche académique, les seuls postes permanents se trouvent à l'échelon du professorat, considéré comme une valeur suprême dans la carrière. L'augmentation du nombre de professeurs constitue un principe de notre poli-

tique des hautes écoles; parallèlement, le Conseil suisse de la science recommande de transformer les emplois dans le corps intermédiaire en postes à durée indéterminée. Il y aurait un moyen efficace de se rapprocher de ces deux objectifs: permettre, d'un côté, la titularisation à tous les niveaux de la carrière académique, tout en autorisant, de l'autre, la résiliation des rapports de travail.

L'emploi à vie pour des postes de professeur s'est imposé après les réformes universitaires du XIXe siècle conduites essentiellement à l'initiative de von Humboldt en Allemagne et de Newman

en Angleterre. Ce privilège unique est censé protéger l'université contre les manipulations politiques. Il est également lié au fait que nous préférons en général éviter le risque d'une perte plutôt que d'espérer obtenir un gain plus élevé.

«Une telle libéralisation pourrait refréner la concurrence de nature néolibérale.»

Ce concept a fait ses preuves et l'université qui, aujourd'hui, y renoncerait se placerait dans une position défavorable: un poste en tenure-track, offrant la perspective d'un poste fixe et garanti, est préféré à toute offre de durée limitée, même financièrement plus attractive. Mais limiter ce privilège aux professeurs sature le marché de manière artificielle: l'offre en personnel qualifié dépasse la demande. Cela crée une situation peu vue dans d'autres professions, caractérisée par des conditions à la fois de concurrence et de cartel. Mais parler de «Champions League» de la recherche et encourager les partenariats avec l'économie privée rend de plus en plus difficile la nomination à vie d'un professeur, alors qu'au même moment une assistante ayant fondé une start-up quittera l'université après cinq ans.

La flexibilisation actuelle du monde du travail exigera d'être prêt à prendre davantage de risques à tous les échelons de la carrière académique et à supprimer le principe de la titularisation permanente. Une telle libéralisation pourrait refréner la concurrence de nature néolibérale - un souhait exprimé par de nombreux chercheurs face à la pression régnante pour devenir professeur. Pourquoi un excellent sociologue devrait-il être contraint de quitter la recherche, alors que sa supérieure, professeure titulaire, a tout le loisir de chercher son prochain collaborateur temporaire?

Antonio Loprieno est président des Académies suisses des sciences.

## Recherches commercialisables

Bilan intermédiaire réjouissant pour le programme Bridge du FNS et d'Innosuisse: depuis sa création, il a financé en deux ans et demi 95 projets situés à l'interface entre la recherche fondamentale et l'innovation basée sur la science. D'une part, il soutient les jeunes chercheuses et chercheurs qui veulent rendre leurs recherches commercialisables, permettant déjà la création de 27 start-up. D'autre part, des scientifiques expérimentés obtiennent des fonds pour évaluer le potentiel novateur de leurs travaux. Bridge dispose d'une enveloppe de 70 millions de francs pour la période 2017-2020.

## L'idée avant tout

Le nouvel instrument du FNS nommé Spark soutient les idées particulièrement prometteuses ou audacieuses. Ce que les requérants ont accompli dans leur carrière ne joue aucun rôle dans l'évaluation. «Le fait qu'ils prennent des risques est un souhait explicite, souligne Matthias Egger, président du Conseil de la recherche du FNS. L'échec représente dès le début une option.» Car même les résultats équivoques ou négatifs livrent de nouvelles connaissances. Dix millions de francs sont engagés pour la première mise au concours de Spark en 2019.

## Doctorats plus rapides

Les subsides Doc.CH du FNS financent une thèse en sciences humaines ou sociales. Une étude de l'Université de Berne montre que cet instrument introduit en 2013 est efficace et répond à un besoin. «Les bénéficiaires de Doc.CH ont achevé leur doctorat plus rapidement», note Fritz Schlunegger du Conseil de la recherche du FNS. Le FNS développera son instrument sur la base de cette étude.

## Quatre priorités pour 2021-2024

La recherche suisse est certes à la pointe, mais se trouve aussi confrontée à des défis. «Elle a besoin d'une plus grande diversité, d'une collaboration interdisciplinaire accrue, de meilleures infrastructures de données et d'un resserrement des liens avec l'économie et la société», explique Matthias Egger. Le FNS a inscrit ces quatre priorités dans son programme pour la période 2021-2024. Il veut aussi assurer un encouragement plus efficace, plus juste et avec un impact accru.



## Offensive de charme

SNF/MinuteEarth



La recherche libre constitue un investissement dans l'avenir de la société, rappelle une campagne lancée par le FNS sur les médias sociaux. Des vidéos expliquent pourquoi les scientifiques pratiquent la recherche fondamentale. Des messages évoquent de manière imagée quelles découvertes se trouvent derrière des applications ou des réalisations connues. Environ 80% des moyens d'encouragement du FNS vont à la recherche fondamentale.

## Discuter plutôt que manifester

Depuis 2017, la Marche pour les sciences a lieu au niveau international. En Suisse cependant, un autre format s'impose: les 6 et 7 septembre 2019, les scientifiques chercheront le dialogue avec la population sur la Waisenhausplatz au cœur de Berne. Une quarantaine de chercheurs en sciences naturelles, sociales et humaines discuteront avec le public de questions liées au quotidien telles que le logement, la mobilité, la santé, la numérisation et la famille. Ce rendez-vous avec la science est organisé par a+, l'association Reatch et la Fondation Science et Cité.

## Label MINT

SCNAT



Vingt-trois gymnases ont fait acte de candidature pour obtenir le label MINT (mathématiques, informatique, sciences naturelles et technique) attribué par l'Académie suisse des sciences naturelles (SCNAT). Un jury a évalué leur engagement et a décerné le label à 18 écoles. Elles l'ont reçu le 18 juin 2019 à l'Institut Paul Scherrer lors d'une manifestation qui a aussi vu la création d'un réseau pour l'encouragement de la coopération inter-cantonale. De nouvelles candidatures sont attendues en 2020.

## Horizons

Le magazine suisse de la recherche paraît quatre fois par an en français et en allemand. Les articles sont disponibles en ligne aussi en anglais. 31e année, n° 122, septembre 2019.

[www.revue-horizons.ch](http://www.revue-horizons.ch) en français  
[www.horizonte-magazin.ch](http://www.horizonte-magazin.ch) auf Deutsch  
[www.horizons-mag.ch](http://www.horizons-mag.ch) in English

[www.facebook.com/horizonsmagazine](https://www.facebook.com/horizonsmagazine)  
[www.twitter.com/horizons\\_fr](https://www.twitter.com/horizons_fr)

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

## Editeurs

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

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

## Rédaction

Daniel Saraga (dsa), direction  
Florian Fisch (ff), Judith Hochstrasser (jho),  
Franca Siegfried (fs), Yvonne Vahlensieck (yv)

## Graphisme, rédaction photos

2. stock süd netthoewel & gaberthüel,  
Valérie Chételat

## Traduction

Olivier Huether, Catherine Riva

## Correction

Jean-Pierre Grenon, Samira Payot

## Impression, lithographie et gestion des abonnements

Stämpfli SA, Berne et Zurich  
Climatiquement neutre, [myclimate.org](http://myclimate.org)  
Papier: Refutura FSC, Recycling, matt  
Typographie: FF Meta, Greta Text Std

## Tirage

58 000 exemplaires en allemand et  
17 000 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](http://www.revue-horizons.ch/abo)

## Le FNS

Sur mandat de la Confédération, le Fonds national suisse (FNS) encourage la recherche dans toutes les disciplines scientifiques. Il investit chaque année environ un milliard de francs dans des projets de recherche. En 2018, 6500 projets étaient en cours, avec la participation de 16 300 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 leur domaine respectif, mais aussi de façon interdisciplinaire. Leur ancrage dans la communauté scientifique leur permet d'avoir accès à l'expertise de quelque 100 000 chercheurs.

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

«Le voyage dans la recherche ne doit pas  
finir avec le diplôme de doctorat.»

Volker Thiel page 9

«Sans autopsies, un hôpital ne sait  
pas de quoi meurent ses patients.»

Alexandar Tzankov page 36

«Nous donnons une voix à des  
gens qui n'en ont pas.»

Dominik Streiff Schnetzer page 47



L'école évolue, les car-  
tables aussi. Mais pas la  
fierté avec laquelle les  
enfants les portent sur  
leur dos leur tout premier  
jour d'école.

Image: shutterstock/Quick-Sale.de