

DOSSIER

LE FABULEUX DESTIN D'H₂O

CAMPUS

P. 18 L'EAU EST AUSSI INDISPENSABLE À
LA VIE QU'ELLE EST SINGULIÈRE. C'EST VRAI
DE SON COMPORTEMENT MOLÉCULAIRE
MAIS AUSSI DE SA PLACE DANS LE DROIT,
LA MÉDECINE OU L'HISTOIRE DE L'ART.

DROIT

OBJECTION
DE CONSCIENCE:
LE POUVOIR DE DIRE NON
PAGE 13

ARCHÉOLOGIE

AU LIBAN, DES
SERPENTS ORNENT
LES DOLMENS
PAGE 44

BIOLOGIE

GUILLAUME ANDREY
OU LA GÉNOMIQUE
DES MÉTAMORPHOSSES
PAGE 48



UNIVERSITÉ
DE GENÈVE

FRONTIÈRES EN TOUS GENRES

8 février - 18 mai 2019

Salle d'exposition de l'UNIGE
Uni Carl Vogt | 66 bd Carl-Vogt

HORAIRES

Lundi - vendredi | 7h30 à 19h
www.unige.ch/-/frontieres

**NUIT
DES MUSÉES**
SAMEDI 18 MAI
17H - MINUIT



VILLE DE
GENÈVE



UNIVERSITÉ
DE GENÈVE

04 ACTUS

RECHERCHE

10 PHYSIQUE

RECORD POUR UNE CLÉ QUANTIQUE



Des physiciens genevois ont réussi à transmettre une clé quantique secrète à travers une fibre optique d'une longueur record de 421 km. Une avancée supplémentaire pour cette technique qui pourrait offrir une confidentialité absolue aux transmissions sur Internet.

13 DROIT

LE POUVOIR DE DIRE NON

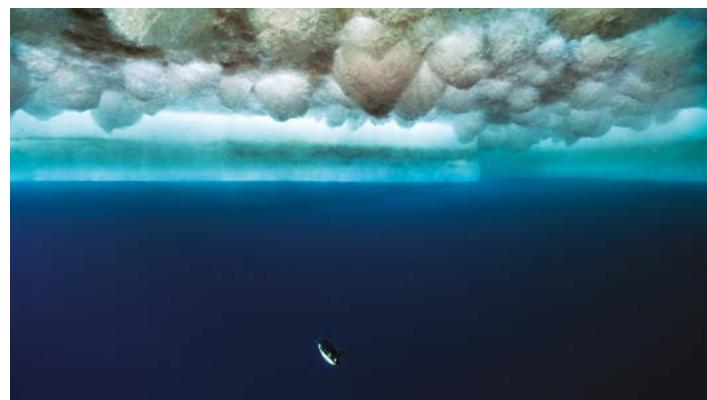


Spécialiste des droits de l'homme, le professeur Petr Muzny lutte depuis une dizaine d'années en faveur de la reconnaissance du droit à l'objection de conscience au service militaire. Il a participé à plusieurs procès qui ont permis des avancées considérables dans ce domaine.

54 À LIRE

56 THÈSES DE DOCTORAT

LE FABULEUX DESTIN D'H₂O



18 UNE LIAISON LABILE

Le comportement moléculaire de l'eau ne cesse d'intriguer les scientifiques. Didier Perret, chargé d'enseignement à la Section de chimie (Faculté des sciences) et codirecteur du Chimiscopé, propose une première approche de ce liquide aux talents inégalables.

24 ET AU MILIEU COULE UNE RIVIÈRE

Pour préserver les ressources en eaux de la planète, il est non seulement nécessaire de mettre fin aux violations du droit international humanitaire lors de conflits armés, mais aussi d'encourager la coopé-

ration transfrontalière. C'est le point de vue que défend le Panel mondial de haut niveau sur l'eau et la paix dont le Secrétariat a son siège à Genève.

28 LES PEINTRES DE L'INVISIBLE

Transparente comme l'air et mouvante comme le feu, l'eau est peut-être, des quatre éléments, le plus difficile à peindre. L'histoire de l'art regorge pourtant d'océans déchaînés, de berges sereines et de cascades bouillonnantes, même s'il faut attendre la Renaissance pour que ce liquide devienne un sujet en tant que tel.

32 LES SECRETS DE «LA LICORNE»

L'Université possède un bateau scientifique, «La Licorne». Géré depuis bientôt quarante ans par le Département F.-A. Forel, le navire a permis de réaliser des découvertes importantes sur le Léman dont celle du tsunami de 563.

35 NANOPLASTIQUES EN EAU DOUCE

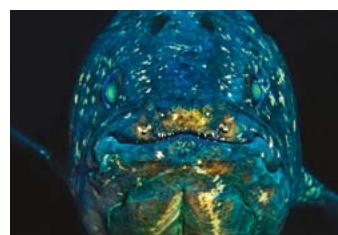
Une équipe du Département F.-A. Forel des sciences de l'environnement et de l'eau (Faculté des sciences) a étudié les mécanismes physico-chimiques influençant le destin de nanoparticules de polystyrène dans des eaux de différentes qualités. Son article est un des premiers à s'intéresser à ce phénomène dans un milieu d'eau douce.

36 PLONGÉE DANS LES EAUX QUI DÉMAGENT

Au Siècle des Lumières, les cures thermales sont considérées comme un traitement médical sérieux comportant de puissantes vertus mais aussi des risques non négligeables.

Photo de couverture: Ray Collins

RENDEZ-VOUS



40 L'INVITÉ LA LENTE ÉVOLUTION DU CCELACANTHE

Lionel Cavin, conservateur au Muséum d'histoire naturelle de la Ville de Genève, publie un ouvrage dédié à un poisson qui a la particularité de s'être fait connaître sous la forme d'un fossile un siècle avant qu'on en pêche un spécimen vivant.



44 EXTRA-MUROS LE DOLMEN AUX SERPENTS

Des archéologues genevois ont été chargés de valoriser une vaste nécropole mégalithique de l'âge du bronze située dans les montagnes du nord du Liban. Une mission qui leur a réservé quelques surprises.



48 TÊTE CHERCHEUSE LA GÉNOMIQUE DES MÉTAMORPHOSÉS

À 36 ans, Guillaume Andrey dirige un laboratoire dont les travaux visent à mieux comprendre les processus qui guident les mutations causées par la partie non codante du génome.



ACTUS

CARNET NOIR

Andreas Auer, professeur honoraire à la Faculté de droit, est mort à 70 ans

KLAUS SCHWAB REJOINT LA GSEM



Le professeur Klaus Schwab rejoint l'Université de Genève en tant que président du conseil consultatif de la GSEM (Faculté d'économie et de management). Cet organe essentiel soutient le décanat à titre honorifique en lui fournissant des conseils d'orientation stratégique et un appui dans le développement à venir de la Faculté. Fondateur en 1971 et actuel président exécutif du conseil d'administration du World Economic Forum, Klaus Schwab a déjà été professeur de politique d'entreprise à l'Université de Genève de 1972 à 2003.

MATHIEU BROCHET RÉCOMPENSÉ PAR L'EMBO



Mathieu Brochet, professeur au Département de microbiologie et médecine moléculaire, est lauréat du « Young Investigator Award » de l'Organisation européenne de biologie moléculaire (EMBO), qui distingue cette année 26 jeunes chercheurs du monde entier. Mathieu Brochet, un spécialiste du parasite responsable du paludisme, rejoint ainsi un réseau prestigieux de jeunes scientifiques représentant la relève internationale dans le domaine des sciences de la vie.

Professeur honoraire et ancien doyen de la Faculté de droit de l'Université de Genève, Andreas Auer est décédé vendredi 7 décembre 2018 à l'âge de 70 ans.

Né dans les Grisons en 1948, Andreas Auer accomplit ses études universitaires à Neuchâtel où il se passionne pour le droit constitutionnel en suivant les enseignements du professeur Jean-François Aubert. C'est avec ce dernier qu'il rédige, en 1975, sa thèse de doctorat sur la déségrégation raciale dans les écoles aux États-Unis.

Nommé professeur ordinaire à la Faculté de droit en 1980, Andreas Auer produit, en 1983 déjà, une somme monumentale, rapidement devenue un classique de la littérature juridique, sur la juridiction constitutionnelle en Suisse. L'année suivante, il présente devant la Société suisse des juristes un rapport qualifié de visionnaire sur les problèmes fondamentaux de la démocratie en Suisse.

Au cours de sa carrière, Andreas Auer visite, commente et analyse la quasi-totalité des chapitres du droit constitutionnel suisse. L'étude de la démocratie reste néanmoins l'un de ses sujets de prédilection. En témoigne l'ouvrage, original et fondateur lui aussi, qu'il publie en 1978 sur les droits politiques dans les cantons. À ce propos, le constitutionnaliste joue un rôle dans l'octroi tardif du droit de vote aux femmes en Appenzell Rhodes-Intérieures. En 1990, en effet, la Landsgemeinde de ce canton dit non pour la troisième fois au suffrage féminin. Andreas Auer, défendant l'idée que



Andreas Auer (1948-2018).

ce refus est inconstitutionnel, suggère aux opposantes de déposer un recours au Tribunal fédéral. Entendant ses propos à la télévision, une habitante du canton le prend au mot, bientôt suivie par d'autres. En 1991, les juges de Lausanne leur donnent raison.

Andreas Auer est aussi le principal instigateur du projet de révision de la Constitution genevoise. Acceptée en 2012 en votation populaire par 54% des votants, cette révision entre en vigueur le 1^{er} juin 2013.

Plus récemment, le professeur s'est distingué par sa participation au lancement de l'initiative Rasa («Sortons de l'impasse») visant à annuler le vote du 9 février 2014 «Contre l'immigration de masse» – finalement retirée. En 2016, il monte encore une fois au front avec d'autres professeurs de droit contre l'initiative UDC «Pour le renvoi effectif des criminels étrangers».

ASTRONOMIE

Première mesure précise de l'hélium dans l'atmosphère d'une exoplanète

Romain Allart, doctorant au Département d'astronomie (Faculté des sciences), et ses collègues ont détecté, grâce au spectromètre Carmenès récemment installé à l'Observatoire de Calar Alto en Andalousie, la présence d'hélium dans l'atmosphère de l'exoplanète HAT-P-11b. Comme ils l'expliquent dans la revue *Science* du 7 décembre, ils ont aussi montré que ce gaz est expulsé du côté jour au côté nuit de cette «Neptune chaude» à une vitesse

de 3 km/s et qu'il s'échappe dans le vide à un taux de 300 kg par seconde. L'hélium représente un intérêt particulier pour l'étude des exoplanètes dans la mesure où ce gaz trahit sa présence par un signal situé dans l'infrarouge, un rayonnement capable de traverser le milieu interstellaire. L'hydrogène, qui est l'élément le plus abondant dans l'atmosphère des exoplanètes, se détecte dans l'ultraviolet qui, lui, est davantage absorbé en chemin.

MÉDECINE

En Inde, les études de santé publique peuvent se fier à l'autoévaluation

« Que diriez-vous de votre état de santé ? »

Claudine Burton-Jeangros, professeure à la Faculté des sciences de la société, et son équipe ont montré que cette seule question autoévaluative permettait, dans le contexte particulier de l'Inde, une bonne appréhension de l'état de santé de la population. Les performances, parues le 9 novembre dans la revue *BMJ Global Health*, sont même meilleures que celles obtenues en Suisse.

Dans les pays à haut revenu, cette méthode d'autoévaluation donne de bons résultats depuis longtemps. La question de savoir si elle pouvait convenir à un pays aussi socialement diversifié que l'Inde a suscité un certain scepticisme, notamment auprès des chercheurs locaux.

La population du sous-continent, très pauvre, souffre non seulement de maladies infectieuses dues à des carences alimentaires et hygiéniques, mais aussi de maladies chroniques, qui sont en augmentation. En raison de la fréquence de ces affections et de la rareté des établissements médicaux, les personnes pourraient être enclines à considérer ces maladies comme « normales ». L'illettrisme limite quant à lui l'accès d'un pan de la population aux connaissances médicales, l'empêchant parfois de déterminer que ses maux sont dus à des maladies chroniques comme le diabète. Les sociologues genevois ont donc comparé les données obtenues lors d'une grande enquête (comprenant la question autoévaluative)



Foule dans les rues de Old Delhi.

réalisée en 2003 par l'Organisation mondiale de la santé sur la santé des citoyens indiens avec celles récoltées en 2007 par l'Office fédéral de la statistique.

Il s'est avéré que la performance de cette simple question est meilleure avec les données indiennes qu'avec les suisses. Cela s'explique par le fait qu'environ 80% de la population helvétique se considère comme en bonne ou très bonne santé alors que moins de 1% répond « en très mauvaise santé ». En Inde, au contraire, 15% des sondés estiment leur santé très mauvaise et 21% très bonne.

L'étude permet de conclure que la question unique autoévaluative offre une vision d'ensemble fiable de l'état de santé général de leur population et qu'elle peut être utilisée dans les questionnaires d'enquête.

[Archive ouverte N° 110947](#)

NEUROSCIENCES

À l'écoute d'une voix en colère, le cerveau réagit au quart de tour

Ça se joue sur une fraction de seconde mais le cerveau remarque plus rapidement une voix jugée menaçante qu'une voix normale ou joyeuse. De plus, son attention reste plus longtemps focalisée sur la première afin d'en mesurer le danger potentiel. Tel est le résultat d'une étude menée par Nicolas Burra, maître-assistant à la Section de psychologie (Faculté de psychologie et des sciences de l'éducation), et ses collègues et publiée le 9 novembre dans la revue *Social, Cognitive and Affective Neuroscience*.

Pour y parvenir, ils ont muni 35 participants d'un électroencéphalogramme qui mesure

l'activité électrique du cerveau à la milliseconde près et les ont soumis à de brefs sons de voix humaine exprimant soit de la colère, soit de la joie, soit un ton neutre.

Les chercheurs ont remarqué que l'écoute d'une voix menaçante active dans le cerveau une première aire liée à l'attention auditive 200 milisecondes seulement après le déclenchement du stimulus. Le cerveau est mis en alerte. Après 200 ms, cette zone s'éteint et une seconde s'active à son tour. Le cerveau effectue une analyse supplémentaire afin d'adapter le comportement le cas échéant et de survivre si un danger menace.

SILKE GRABHERR
**LAURÉATE DU PRIX
DU RAYONNEMENT
ACADEMIQUE 2019**



Le Prix du rayonnement académique 2019 est décerné à Silke Grabherr, professeure ordinaire à la Faculté de médecine de l'UNIGE et de l'UNIL et directrice du Centre universitaire romand de médecine légale. Cette distinction a été créée par le Comité de la Société académique vaudoise en 2014 pour récompenser une personnalité qui contribue, de manière exceptionnelle, au rayonnement de la place universitaire vaudoise.

**LE PRIX PFIZER DE LA RECHERCHE RÉCOMPENSE
PACO PINO ET BUDHADITYA
MUKHERJEE**

Paco Pino et Budhaditya Mukherjee, docteurs à la Faculté de médecine, ont reçu le Prix Pfizer de la recherche dans la catégorie « Infectiologie, rhumatologie et immunologie » pour leur étude du parasite du paludisme, « *Plasmodium falciparum* ». Leurs travaux, effectués au sein du laboratoire dirigé par la professeure Dominique Soldati-Favre, au Département de microbiologie et médecine moléculaire (Faculté de médecine), mettent en lumière une nouvelle stratégie de lutte contre cette maladie responsable de plus de 500 000 décès par an, dont environ 80% d'enfants de moins de 5 ans.

SCIENCES DE L'ENVIRONNEMENT

La rénovation des bâtiments réduit leur consommation d'énergie, mais pas assez



Complexe du Lignon, construit dans les années 1960.

L'assainissement des bâtiments réduit leur consommation énergétique. Toutefois, les économies restent souvent inférieures à celles prévues. Pierre Hollmuller, chercheur à l'Institut des sciences de l'environnement, et Jad Khoury, actuellement chargé de développement aux Services industriels de Genève (SIG) et qui a défendu une thèse sur ce sujet en 2014, ont dirigé une étude sur les causes de cet écart de performance. Le rapport paru cet automne formule des recommandations visant à le réduire au minimum.

L'analyse comprend 26 grands immeubles d'habitation collectifs construits après-guerre et rénovés depuis 2005 à Genève. Cela correspond à une surface de référence énergétique de 285 000 m². Avant travaux, ces bâtiments étaient dépendants des énergies fossiles. Après,

l'énergie finale consommée pour le chauffage et l'eau chaude sanitaire a diminué de 29%, les émissions annuelles de carbone de 41% et la consommation électrique totale de 6,3%.

Le résultat est positif mais l'économie obtenue n'atteint, selon les immeubles, que 29% à 65% des objectifs théoriques. Selon les auteurs, si l'on généralisait les pratiques actuelles de rénovation à l'ensemble du parc genevois de bâtiments résidentiels d'après-guerre, moins de la moitié (42%) du potentiel d'économie de chauffage serait atteinte.

Pour corriger cet écart de performance, le rapport recommande de mettre en place une « assistance à la maîtrise d'ouvrage » qui pousse les acteurs du projet à porter une attention particulière au volet énergie, à faire le choix d'une approche par rénovation globale visant un très haut standard énergétique, à vérifier que les travaux soient réalisés comme prévu, etc. Les auteurs proposent aussi une « assistance à la maîtrise d'usage » qui vise, elle, à accompagner les locataires durant la phase d'exploitation. Grâce à ces mesures, la part effectivement réalisée du potentiel d'économie théorique devrait passer de 65 à 80%. Les 20% restants seraient dus aux valeurs optimistes utilisées pour calculer les économies théoriques, en particulier une température des logements à 20 °C alors que les locataires la fixent plutôt à 21,5 °C.

[Archive ouverte N° 101940](#)

GÉNÉTIQUE

Utilisé contre le cancer, le tamoxifène s'attaque aussi à une myopathie rare

En administrant du tamoxifène, une molécule utilisée dans les traitements contre le cancer du sein, Leonardo Scapozza, professeur ordinaire à la Section des sciences pharmaceutiques (Faculté des sciences), et ses collègues ont réussi à multiplier par sept l'espérance de vie de souris atteintes de myopathie myotubulaire. Comme le rapporte leur article paru le 19 novembre dans *Nature Communications*, cette maladie génétique incurable, transmise par le chromosome X, touche un petit garçon sur 50 000. Elle cause une paralysie des muscles et provoque la mort avant l'âge de 2 ans.

Les souris ainsi traitées ont vécu en moyenne 290 jours – certaines plus de 400 jours – contre seulement 45 pour un animal malade non

traité. La progression de la paralysie a également été fortement ralentie, voire entièrement stoppée, la force musculaire triplée et 60% du déficit musculaire récupéré.

Pour l'heure, les scientifiques ont entamé le traitement sur des souris de 3 semaines et présentant déjà les premiers symptômes de la maladie. Des essais menés en parallèle au Canada montrent qu'en le commençant encore plus tôt, la myopathie ne se déclare pas du tout. Chez l'être humain, cependant, la maladie commence déjà chez le fœtus. Il est donc difficile, pour l'heure, de savoir si une absence totale de paralysie pourrait être envisagée si le tamoxifène était administré après la naissance.

[Archive ouverte N° 114092](#)

DANIELA ZÖLLER
DISTINGUÉE
PAR LA SWISS SOCIETY
FOR NEUROSCIENCE



Doctorante au Département de psychiatrie (Faculté de médecine) sous la supervision de la professeure Marie Schae (UNIGE) et du professeur Dimitri Van De Ville (EPFL), Daniela Zöller a reçu le Best Paper Award 2019 de la Swiss Society for Neuroscience dans la catégorie *Human and Clinical Neuroscience*. Cette distinction lui est décernée pour son travail intitulé *Robust recovery of temporal overlap between network activity using transient-informed spatio-temporal regression*, publié dans la revue *IEEE Transactions on Medical Imaging*.

JASMINE ABDULCADIR
DÉCORÉE CHEVALIER DE
L'ORDRE DU MÉRITE DE LA
RÉPUBLIQUE ITALIENNE



Chercheuse à la Faculté de médecine et médecin adjointe au Service de gynécologie des HUG, Jasmine Abdulcadir a été décorée Chevalier de l'Ordre du mérite de la République italienne pour son engagement dans la prévention, le soin et la prise en charge des complications liées aux mutilations génitales féminines. Jasmine Abdulcadir est l'une des rares médecins gynécologues en Suisse à être formées à la fois aux spécificités médicales et chirurgicales des excisions et des circoncisions.

SCIENCES DE LA SOCIÉTÉ

En vingt ans, l'immigration hautement qualifiée a plus que doublé en Suisse



Office cantonal de la population et des migrations à Genève.

En Suisse, l'immigration hautement qualifiée a plus que doublé entre 1991 et 2014, passant de 30 000 personnes (33% de l'ensemble des entrées) à 70 000 (54%). Au cours de la même période, l'entrée dans le pays de migrants peu formés (avec la seule scolarité obligatoire) a chuté de près de 40%. Tel est le résultat qui ressort d'une étude parue dans la revue *Social Change in Switzerland* du mois d'octobre 2018 et signée par Philippe Wanner et Ilka Steiner, respectivement professeur et post-doctorante à l'Institut de démographie et socioéconomie (Faculté des sciences de la société). Ce travail a été mené dans le cadre du Pôle de recherche national (PRN) *On the Move*.

Le début du XXI^e siècle se distingue par un solde migratoire en très forte augmentation. Il atteint près de 100 000 en 2008 et 80 000 entre 2013 et 2016, c'est-à-dire presque autant qu'au milieu des années 1960. Mais la comparaison s'arrête là.

De la Seconde Guerre mondiale à la fin du XX^e siècle, la mobilité internationale concerne en effet surtout les travailleurs faiblement qualifiés, fournissant la force de travail dans les secteurs de la construction, de l'agriculture, de l'industrie et du tourisme. La période récente, pour sa part, est marquée par une explosion de la migration hautement qualifiée, orientée vers des activités de plus en plus spécialisées à haute valeur ajoutée.

Cette transformation varie selon les pays d'origine. La part des migrants hautement qualifiés dépasse les 80% pour les ressortissants de France et même les 90% pour ceux du Royaume-Uni et d'Amérique du Nord. Elle atteint les deux tiers de ceux provenant d'Allemagne et d'Autriche et la moitié de ceux venus d'Espagne et d'Italie. Le Portugal fait figure d'exception avec un taux de migrants hautement qualifiés qui plafonne à 24%.

Ces changements ont surtout été dictés par la demande du marché du travail suisse. Une indication supplémentaire du lien étroit entre économie et flux migratoire est que plus de la moitié des migrants provenant des pays européens disposaient déjà d'un contrat de travail à la date de leur arrivée en Suisse.

Cependant, la migration internationale n'a fourni qu'une réponse partielle à cette demande. Entre 2010 et 2013, elle a permis de combler moins de 30% de la demande pour une main-d'œuvre qualifiée. Ce sont les nouvelles générations de jeunes natifs de Suisse, plus qualifiés que leurs aînés, qui ont joué un rôle prépondérant dans ce processus.

MARIE BARBERON, FIGURE DE LA RELÈVE UNIVERSITAIRE

Professeure assistante au Département de botanique et biologie végétale (Faculté des sciences), Marie Barberon a vu son projet de recherche sur le développement des racines et la nutrition des plantes remporter la première place au concours organisé par le Programme de la Fondation philanthropique famille Sandoz-Monique de Meuron pour la relève universitaire.

GÉRALDINE HAACK OBTIENT UNE BOURSE



DR

Géraldine Haack, chercheuse au Département de physique appliquée, compte parmi la vingtaine de candidates (sur 189) ayant obtenu une bourse PRIMA du Fonds national suisse de la recherche scientifique. Ces bourses ont pour but de soutenir des chercheuses à un stade avancé de leur carrière académique afin qu'elles puissent mettre en place leur propre groupe de recherche.

Abonnez-vous à «Campus» !

par e-mail (campus@unige.ch) ou en remplissant et en envoyant le coupon ci-dessous :

Je souhaite m'abonner gratuitement à «Campus»

Nom

Prénom

Adresse

N° postal/Localité

Tél.

E-mail

Découvrez les recherches genevoises, les dernières avancées scientifiques et des dossiers d'actualité sous un éclairage nouveau.

Des rubriques variées vous attendent traitant de l'activité des chercheurs dans et hors les murs de l'Académie. L'Université de Genève comme vous ne l'avez encore jamais lue !



Université de Genève
Presse Information Publications
24, rue Général-Dufour
1211 Genève 4
campus@unige.ch
www.unige.ch/campus

BIOLOGIE

L'hydre d'eau douce n'a qu'une tête. Grâce à la protéine Sp5

CLAUDE PIGUET NOMMÉ MEMBRE DU CONSEIL SCIENTIFIQUE DU CNRS



Professeur au Département de chimie minérale et analytique (Faculté des sciences), Claude Piguet a été nommé membre du Conseil scientifique de l'Institut de chimie du CNRS. Cet organisme français accueille quelque 5000 chercheurs et enseignants, 3000 ingénieurs et 4000 doctorants et post-doctorants. Sa vocation est de promouvoir l'avancement des connaissances dans les domaines de la chimie, de la théorie à la synthèse, des questions fondamentales au développement des procédés, de l'échelle atomique aux matériaux, etc.

ANTONIO RIOTTO LAURÉAT DU BUCHALTER COSMOLOGY PRIZE



Professeur au Département de physique théorique (Faculté des sciences), Antonio Riotto s'est vu décerné le Buchalter Cosmology Prize 2018. Cette distinction lui a été remise pour les travaux qu'il a menés avec son équipe sur l'instabilité du vide du champ de Higgs et le rôle joué par ce vide dans la création de la matière noire, qui a elle-même permis l'existence des galaxies et des structures qui hébergent la vie.

L'hydre d'eau douce possède une faculté de régénération spectaculaire : une seule cellule de cet organisme peut développer un nouvel individu de la tête aux pieds et, surtout, dans le bon ordre. L'équipe de Brigitte Galliot, professeure au Département de génétique et évolution (Faculté des sciences) a identifié la protéine – et son gène correspondant – qui évite que l'animal ne se mette à faire croître une multitude de têtes à l'image de la créature mythologique tuée par Héraclès. Comme l'explique un article paru le 18 janvier dans la revue *Nature Communications*, il s'agit de Sp5 dont les talents pourraient bien intéresser la médecine humaine spécialisée dans le traitement des cancers.

La régénération commence par la transformation de la partie amputée en un tissu appelé «centre organisateur de tête». Ce dernier exerce deux activités opposées. La première, activatrice, induit la différenciation de cellules souches en cellules spécialisées de la tête. Elle est mise en œuvre par un facteur de croissance appelé Wnt3.

La seconde activité est inhibitrice. Elle prévient la formation de têtes surnuméraires et est pilotée par la protéine Sp5. Pour ce faire, celle-ci se lie à la région régulatrice du gène Wnt3, bloquant ainsi son expression et la pousse de têtes surnuméraires, comme le démontre l'étude genevoise.



Une hydré produisant trop peu de Sp5 développe spontanément de multiples têtes.

Il se trouve que chez l'être humain, la voie de signalisation cellulaire stimulée par Wnt3 existe aussi. Elle est surtout active durant le développement embryonnaire ainsi que dans différents types de tumeurs chez l'adulte. Si l'effet inhibiteur de Sp5 se confirme dans notre espèce, cette protéine pourrait constituer un traitement potentiel contre les cellules cancéreuses utilisant la voie Wnt3.

Archive ouverte N° 113087

ASTROPHYSIQUE

Le chaos ordonné des photons émis par les sursauts gamma

Les photons émis par un sursaut gamma, le phénomène le plus puissant de l'univers, ont dans leur ensemble une apparence désordonnée. La polarisation de ces particules de très haute énergie venues d'une autre galaxie ne suit en général aucune direction privilégiée. L'équipe de Xin Wu, professeur associé au Département de physique des particules (Faculté des sciences), a cependant décidé d'y regarder de plus près à l'aide de POLAR, un instrument construit à cette fin à Genève et envoyé en 2016 sur le laboratoire spatial chinois Tiangong-2. Les chercheurs ont découvert qu'à l'intérieur de

tranches temporelles de seulement 2 secondes, les photons sont au contraire très polarisés bien que chaque tranche oscille dans une direction différente de la précédente. Cette avancée, publiée le 14 janvier dans la revue *Nature Astronomy*, ouvre la voie à une meilleure compréhension des propriétés physiques des sursauts gamma qui demeurent encore largement mystérieuses, les sursauts étant probablement provoqués par des événements tels que la collision de deux objets très compacts (des étoiles à neutrons, par exemple) ou l'explosion d'une étoile supermassive et dont l'issue peut être la création d'un trou noir.

« Il y a de grands pans de la vie des enfants qui restent dramatiquement en jachère »



Philip Jaffé: « La violence à l'égard des enfants est un phénomène d'une résilience surprenante. »

Directeur du Centre interfacultaire en droits de l'enfant, le professeur Philip Jaffé est le deuxième Suisse à rejoindre le comité des Nations unies sur les droits de l'enfant. À l'heure où l'on fête le 30^e anniversaire du texte fondateur dans ce domaine, il fait le point sur les implications de sa nouvelle mission.

Campus : La Convention relative aux droits de l'enfant a été adoptée par l'Assemblée générale de l'Organisation des Nations unies (ONU) le 20 novembre 1989. En trente ans, qu'a-t-elle permis de changer ?

Philip Jaffé : Ce texte établit quatre grands principes : la non-discrimination, l'intérêt supérieur de l'enfant, le droit à la survie et au développement et le droit de l'enfant à faire entendre son opinion, qui constitue sans doute l'avancée la plus révolutionnaire. Outre son énorme portée symbolique, l'adoption de cette Convention a entraîné des progrès évidents dans tous les pays signataires, même si ceux-ci restent difficiles à chiffrer. C'est pourquoi il existe un groupe de travail chargé de définir une série d'indicateurs permettant d'avoir une vision plus précise de la situation. Enfin, j'ajouterais que parmi les neuf traités portant sur les droits humains adoptés par l'ONU, la Convention sur les droits de l'enfant est celui qui a été le plus rapidement et le plus largement ratifié, puisque parmi les 193 États membres de l'ONU, seuls les États-Unis n'en sont pas partie prenante.

Cet enthousiasme n'a visiblement pas été partagé par la Suisse, qui a mis près de huit ans pour ratifier ce texte.

Dans les pays où ce genre de décision dépend du souverain ou du chef du gouvernement, les

choses peuvent aller très vite sans pour autant que cela constitue une garantie de l'application du texte. En Suisse, le souci lorsque ce type de traité entre en vigueur est qu'il ne se trouve pas en contradiction avec le droit national. Après avoir signé rapidement le texte, la Suisse a donc pris le temps de mettre en conformité sa législation, notamment dans des domaines comme le divorce, la famille ou la migration, avant de le ratifier, ce qui lui a donné les moyens d'appliquer convenablement les engagements adoptés. Son relatif retard est donc tout à son honneur.

La dimension universelle de ce texte est-elle adaptée aux très grandes différences structurelles et économiques qui caractérisent l'enfance dans le monde ?

Oui, dans la mesure où des aménagements sont possibles pour tenir compte de ces spécificités. C'est par exemple ce qui a été fait à propos de l'adoption, qui revêt un sens différent dans le monde occidental et dans les pays de droit islamique. Cela étant, il faut bien reconnaître que dans un pays comme la Bolivie, la légalisation récente du travail des enfants, même si elle va à l'encontre de la Convention, reflète indiscutablement une certaine réalité sociale.

Après Jean Zermatten, vous êtes le deuxième Suisse à intégrer le Comité des droits de l'enfant des Nations unies. Comment avez-vous réagi à cette nomination ?

Alors que je suis généralement quelqu'un de plutôt optimiste, je suis resté persuadé jusqu'aux tout derniers jours que je n'avais aucune chance de succès. Lorsque j'ai finalement appris que j'avais été élu, cela a été une surprise, suivie d'un moment de fierté et d'intense bonheur, puis du sentiment d'une très grande responsabilité.

Quels sont les axes qui vous semblent prioritaires ?

J'ai un intérêt fort pour l'Afrique et les Caraïbes où j'ai passé une partie de mon enfance. Si je peux aussi avoir une certaine influence sur le sort des enfants en Suisse, je serai naturellement ravi. Même s'il y a eu de grandes avancées dans tous les pays à différents niveaux, il y a en effet de grands pans de la vie des enfants qui restent dramatiquement en jachère, y compris en Suisse.

Par exemple ?

La violence à l'égard des enfants est un phénomène d'une résilience surprenante. Même dans

les pays qui ont aboli la punition corporelle depuis longtemps, comme la Suède, la Norvège ou le Danemark, il reste un taux de maltraitance qui semble incompressible. La Suisse compte par ailleurs près de 80 000 enfants pauvres et 250 000 en situation de vulnérabilité. Il reste également beaucoup à faire pour assurer un développement plus harmonieux des tout-petits. C'est d'autant plus important que de nombreuses études montrent qu'il existe un lien entre les expériences de vie négatives durant l'enfance et une série de conséquences en cascade dont l'ultime, pour un certain nombre d'entre eux, est une mortalité précoce. Enfin, il règne une inégalité de genre qui est patente dès qu'on veut bien prendre la peine de l'observer.

« LA SUISSE COMPTE 80 000 ENFANTS PAUVRES ET 250 000 EN SITUATION DE VULNÉRABILITÉ. »

En marge de votre engagement au sein du Comité, vous allez prochainement partir en Iran. Quel est l'objectif de cette mission ?

L'idée est de sensibiliser les autorités à la question de la peine de mort des enfants. L'Iran est le pays qui, après la Chine, exécute le plus au monde et le gouvernement est très conscient du fait que c'est une tache noire sur son image. Puisqu'il semble y avoir une ouverture, il s'agit d'amorcer le dialogue de manière diplomatique et sans ingérence dans les affaires intérieures du pays.

Comment jugez-vous la politique consistant à séparer les familles de migrants menée par Donald Trump à la frontière mexicaine ?

Enlever de jeunes enfants à leurs parents touche aux fondements de ce qui rend l'homme humain. C'est une décision qu'aucune personne sensée ne peut comprendre. Et même aux États-Unis, elle a profondément heurté l'affect collectif. Malheureusement, les moyens de pression dont dispose la communauté internationale sur ce sujet sont quasiment inexistantes.

OPTIQUE APPLIQUÉE

POUR QUELQUES KILOMÈTRES QUANTIQUES DE PLUS

DES PHYSICIENS GENEVOIS ONT RÉUSSI À **TRANSMETTRE UNE CLÉ QUANTIQUE**

SECRÈTE À TRAVERS UNE FIBRE OPTIQUE D'UNE LONGUEUR RECORD

DE 421 KM. UNE AVANCÉE SUPPLÉMENTAIRE POUR CETTE TECHNIQUE QUI POURRAIT OFFRIR UNE CONFIDENTIALITÉ ABSOLUE AUX TRANSMISSIONS SUR INTERNET.

Archive ouverte N° 112310

En optimisant toutes les composantes de son montage expérimental, Alberto Boaron a réussi à transmettre une clé de chiffrement quantique à travers 421 kilomètres de fibre optique. Comme le précise un article paru le 3 novembre dans la revue *Physical Review Letters*, le doctorant au Département de physique appliquée (Faculté des sciences) bat ainsi le record de 404 km détenu depuis deux ans par des physiciens chinois tout en améliorant significativement la vitesse de transmission. Ce n'est d'ailleurs pas tant la perspective de surpasser des concurrents nantis de budgets colossaux qui a motivé Alberto Boaron que celle de pousser au maximum les capacités actuelles de la cryptographie quantique, une technique qui promet la transmission de messages codés impossibles à déchiffrer – même par les futurs mais d'ores et déjà réputés redoutables ordinateurs quantiques.

Donner la clé En cryptographie, une clé de chiffrement permet à l'émetteur (que le jargon appelle Alice) de coder un message et au récepteur (Bob) de le déchiffrer. Crypter un document de manière inviolable est possible (*lire encadré*). Mais transmettre la clé à son interlocuteur – indispensable pour lire le contenu – sans qu'une tierce personne (baptisée Ève) puisse l'intercepter, la deviner ou la casser est nettement plus hasardeux. On peut transporter physiquement des clés

dans des fourgons sécurisés ou des valises diplomatiques mais une telle opération est lourde et comporte des risques évidents. Échanger des clés par Internet n'est pas très prudent non plus tant le réseau global est mas-

La grande menace vient des ordinateurs quantiques. Ces machines, qui sont basées sur les propriétés contre-intuitives de la physique quantique, la théorie qui décrit le monde à toute petite échelle, n'existent pas encore.

Mais un nombre croissant d'équipes dans le monde travaillent à leur conception. Ces appareils ne seraient pas forcément plus rapides que les ordinateurs conventionnels mais auraient un fonctionnement différent. Ils pourraient résoudre des problèmes jusqu'à insolubles et, surtout, casser – avec une grande facilité, prétendent certains – les clés de chiffrement classiques les plus complexes.

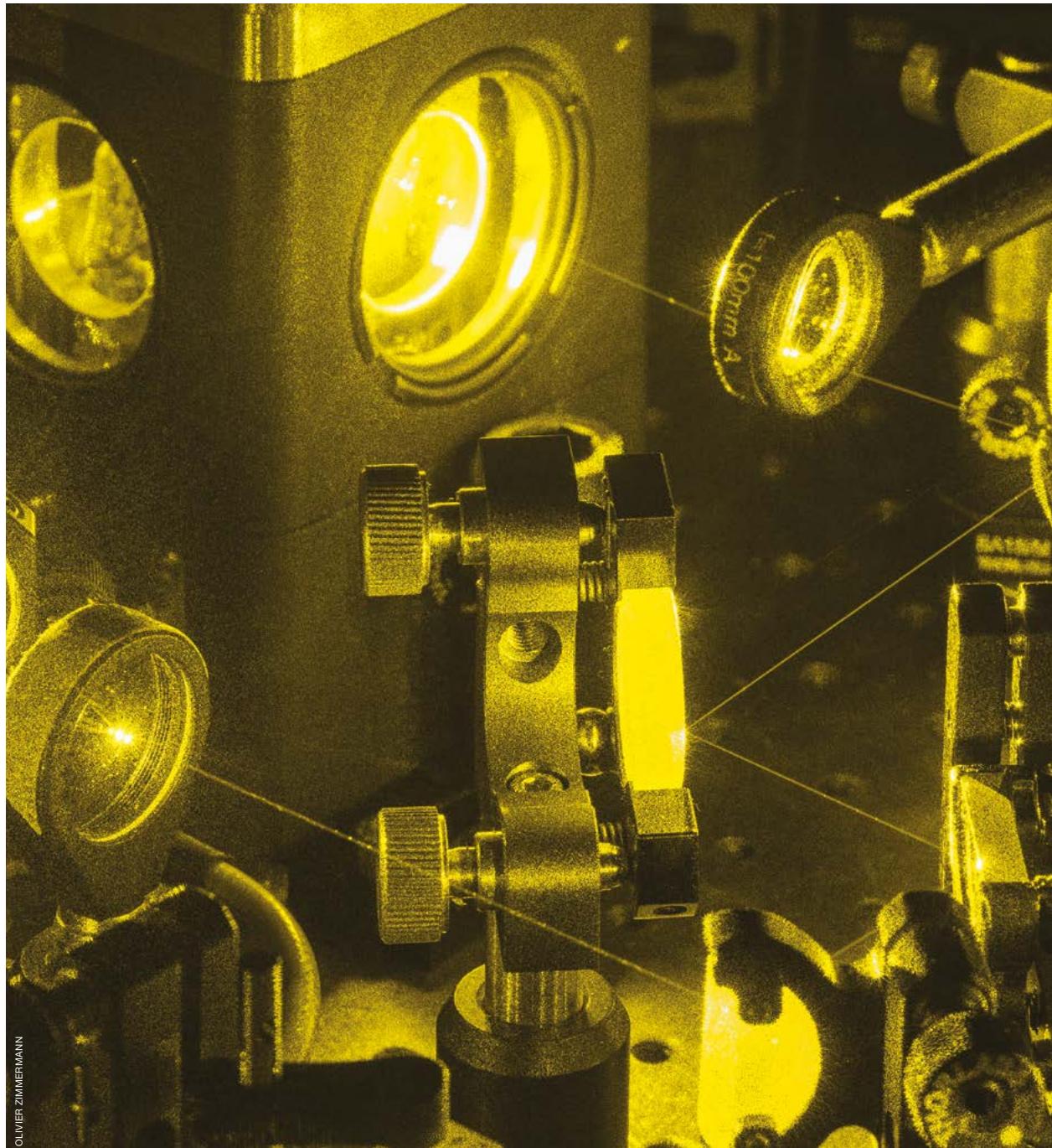
LES ORDINATEURS QUANTIQUES POURRAIENT RÉSOUDRE DES PROBLÈMES JUSQUE-LÀ INSOLUBLES ET, SURTOUT, CASSER LES CLÉS DE CHIFFREMENT CLASSIQUES LES PLUS COMPLEXES.

sivement espionné par différentes agences gouvernementales.

Pour contourner ces faiblesses, les techniques de chiffrement actuelles dans les télécommunications utilisent des algorithmes et des constructions complexes (avec notamment des systèmes asymétriques comprenant des clés publiques et privées). Cependant, toutes demeurent cassables à condition de disposer d'une puissance de calcul adaptée.

Confidentialité Face à la puissance de ces machines du futur, la communication quantique, et en particulier la distribution sécurisée d'une clé quantique (QKD, pour *Quantum Key Distribution*), se profile comme la seule solution capable d'assurer un cryptage d'une confidentialité absolue.

L'idée de la QKD consiste à transmettre un à un des photons d'Alice à Bob. Chacune de ces



OLIVIER ZIMMERMANN

DE 32 CENTIMÈTRES À 1200 KILOMÈTRES

La première distribution d'une clé quantique (QKD) a été réalisée en 1992 par des chercheurs américains et canadiens. Les photons ont traversé l'air sur une distance de 32 centimètres. Grâce aux progrès technologiques, il existe désormais des dispositifs basés sur les fibres optiques permettant de distribuer une clé quantique sur quelques centaines de kilomètres de distance.

Le record précédent de 404 kilomètres (battu depuis par les physiciens genevois, lire article principal), établi en 2016, a été obtenu par une équipe de l'Université de sciences et de technologie de Hefei en Chine. En 2017, une autre expérience de QKD a eu lieu entre le satellite chinois Micius – placé en orbite basse autour de la Terre – et des récepteurs terrestres, comme le

rapporte un article paru dans la revue *Nature* du 9 août 2017. Profitant du vide de l'espace, des photons porteurs de l'information quantique ont ainsi pu parcourir pas moins de 1200 kilomètres. Les particules leur sont parvenues à un rythme de 1 kHz, c'est-à-dire 1000 fois par seconde. Le problème du satellite, c'est qu'il ne fonctionne qu'en l'absence de nuages. Il nécessite également

beaucoup de temps pour transmettre une clé assez grande pour être utile alors qu'il bouge rapidement dans le ciel. À cela s'ajoutent d'importants problèmes de synchronisation entre l'émetteur, le récepteur et le satellite. Malgré ces obstacles, la Chine prévoit de lancer d'autres satellites dans les quatre ou cinq ans à venir, dont un placé bien plus haut, sur une orbite géostationnaire.

Montage optique avec un laser et différentes lentilles, qui a servi à l'expérience de cryptographie quantique.

Une course internationale. Bien qu'il soit impossible de connaître les montants avec précision, la Chine a investi ces dernières années très importantes dans la conception et le développement d'ordinateurs quantiques, de réseaux quantiques et même d'un satellite quantique. Cela lui a permis de devenir leader dans de nombreux domaines, notamment dans la communication quantique, tandis que les géants américains Google et Microsoft sont en avance dans la recherche sur l'ordinateur quantique.

L'Europe cherche, quant à elle, à rester dans la course grâce au lancement du Quantum Flagship. Ce programme est doté d'un milliard d'euros sur dix ans. L'Université de Genève participe à trois projets (dont un dirigé par Hugo Zbinden, professeur au Département de physique appliquée) sur la vingtaine retenue.

APRÈS 421 KILOMÈTRES, SEUL 1 PHOTON SUR 10 MILLIONS RÉUSSIT À TRAVERSER LA FIBRE SANS ÊTRE DIFFUSÉ OU ABSORBÉ PAR LA MATIÈRE.

Le système de détection, basé sur la technologie des supraconducteurs et fonctionnant à une température de 0,8 K, est développé depuis cinq ans dans le laboratoire genevois. Il est capable de détecter un photon à la fois avec un niveau de bruit particulièrement bas mais aussi avec une efficacité située entre 40 et 60%.

Mille fois plus efficace Enfin, les physiciens ont modifié le protocole d'acquisition de la clé de chiffrement quantique. Ils l'ont simplifié sans réduire les performances de sécurité. En additionnant toutes les composantes, Alberto Boaron a réussi à faire en sorte que, sur une distance de plus de 400 km, Bob reçoive d'Alice toutes les 2 secondes un bit (un 0 ou un 1) utilisable pour fabriquer sa clé secrète. En faisant tourner le système 12,7 heures (sans tenir compte des interruptions), il a ainsi extrait une clé de 22 124 bits. Cela peut paraître lent, mais c'est un taux plus de 1000 fois plus élevé que celui de l'expérience chinoise (qui a obtenu une clé de seulement 2584 bits en trois mois). Cela dit, les améliorations apportées par les chercheurs genevois sont surtout utiles pour les distances plus courtes, de l'ordre de 100 km, suffisantes pour relier deux villes voisines, par exemple. Pour une telle longueur de fibre et avec le dispositif mis au point par Alberto Boaron, la vitesse d'acquisition avoisine actuellement le million de bits par seconde. Une expérience en cours vise à atteindre une valeur 100 fois plus élevée. Cependant, si l'on veut construire un réseau de cryptographie quantique plus étendu, à l'échelle d'un pays ou d'un continent, l'utilisation de relais s'avère indispensable. La Chine a déjà commencé à fabriquer un tel système sur plus de 2000 km entre Pékin et Shanghai. Le problème, c'est qu'il n'existe pas encore de relais quantiques dignes de ce nom – dotés d'une mémoire et d'un répéteur eux aussi quantiques – capables de reproduire le signal de manière confidentielle. Pour l'instant, il est en effet nécessaire de faire confiance aux gestionnaires de ces relais où transite de manière classique l'information concernant les clés quantiques. En Chine, c'est le gouvernement qui en a le contrôle. Il est peu probable qu'une telle configuration soit acceptable dans les démocraties occidentales.

Anton Vos

Le masque jetable, également appelé chiffre de Vernam, est un chiffrement théoriquement impossible à casser. Le principe est simple. La clé de chiffrement doit être une suite de caractères au moins aussi longue que le message à chiffrer, les caractères composant la clé doivent être choisis de façon totalement aléatoire et chaque clé ne doit être utilisée qu'une seule fois.

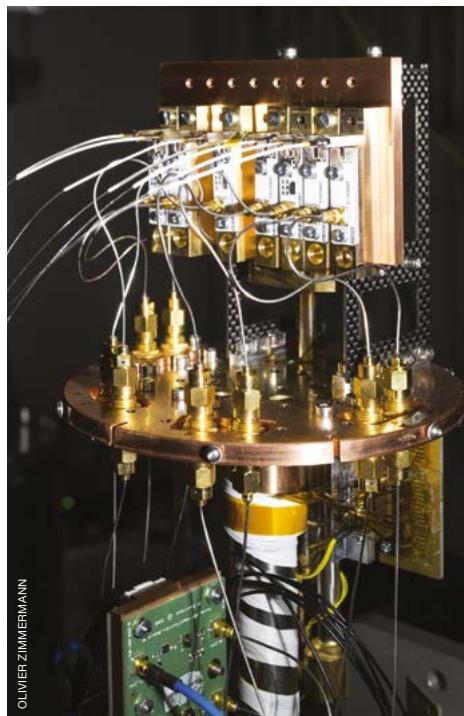
Pour l'espion qui ne connaît que le texte chiffré, toutes les clés imaginables sont équiprobables, ce qui signifie que tous les textes clairs de cette longueur sont possibles et avec la même probabilité.

particules de lumière est placée dans un «état quantique» qui est parfaitement aléatoire mais qui ne peut prendre que deux valeurs. La mesure de la succession de ces états se traduit par une série de 0 et de 1, ce qui permet de construire progressivement une clé de chiffrement de la longueur désirée en fonction du temps à disposition.

L'avantage d'une telle transmission est son inviolabilité. Si Ève choisit de pirater la transmission de la clé entre Alice et Bob, elle est obligée de mesurer l'état quantique des photons qui passent. Une telle action détruirait la particule ou la perturberait suffisamment pour alerter Alice et Bob de la présence de l'espionne. Et même si l'indésirable parvenait à «lire» certains des photons sans interrompre la communication, il existe des protocoles subtils permettant de réduire à zéro la quantité d'information, qu'elle pourrait en retirer.

«*La physique quantique offre la possibilité de générer des clés de chiffrement parfaitement aléatoires et de n'importe quelle longueur et de les transmettre d'Alice à Bob de manière totalement confidentielle*, résume Hugo Zbinden, professeur au Département de physique appliquée et directeur de la thèse d'Alberto Boaron. *En pratique, toutefois, elle est limitée par de nombreux facteurs tels que l'atténuation du signal dans la fibre, le «bruit» du détecteur, etc.*»

Partir fort Le travail d'Alberto Boaron a donc consisté à optimiser chaque étape du dispositif de QKD. La première est le générateur d'états quantiques que le physicien genevois a réussi à améliorer de manière à ce qu'il produise 2,5 milliards d'impulsions par seconde, soit le taux le plus haut jamais atteint à ce jour. «*C'est important de partir fort, car les pertes sont nombreuses en chemin*», précise Alberto Boaron. Elles commencent d'ailleurs avec la fibre optique elle-même. Même si l'expérience utilise le meilleur produit disponible sur le marché, après 421 kilomètres, seul 1 photon sur 10 millions réussit à traverser la fibre sans être diffusé ou absorbé par la matière.



OLIVIER ZIMMERMANN

OBJECTION DE CONSCIENCE

LE POUVOIR DE DIRE NON

SPÉIALISTE DES DROITS DE L'HOMME, **LE PROFESSEUR PETR MUZNY** LUTTE DEPUIS UNE DIZAINE D'ANNÉES EN FAVEUR DE LA RECONNAISSANCE DU DROIT À L'OBJECTION DE CONSCIENCE AU SERVICE MILITAIRE. IL A PARTICIPÉ À PLUSIEURS PROCÈS QUI ONT PERMIS DES AVANCÉES CONSIDÉRABLES DANS CE DOMAINE. RÉCIT.

La Suisse comptait près de 50 000 personnes admises au service civil à la fin de l'année 2017. Pour éviter de porter l'uniforme, il a suffi à ces objecteurs de s'inscrire via le portail internet mis à disposition par l'administration fédérale et de suivre une journée d'introduction obligatoire. Les choses n'ont cependant pas toujours été aussi simples. Jusqu'à l'entrée en vigueur de la loi sur le service alternatif, en 1993, plus de 20 000 jeunes citoyens ont en effet payé de la prison leur refus de porter l'uniforme, avec des peines pouvant aller jusqu'à 3 ans de réclusion. Même si un retour en arrière n'est pas à exclure, le Conseil fédéral affichant clairement la volonté de réduire de façon substantielle le nombre d'admissions au service civil, le recours à de telles extrémités semble désormais appartenir au passé. Mais ce n'est pas le cas partout. Certains États, comme Singapour, la Turquie, la Corée du Sud ou encore l'Érythrée restent aujourd'hui encore très réticents à mettre en place une alternative au service militaire obligatoire, quand ils ne continuent pas à prononcer de lourdes peines à l'encontre des individus qui refusent de porter les armes pour des questions de conscience. Professeur titulaire à la Faculté de traduction et d'interprétation, où il enseigne le droit général, Petr Muzny a fait de cette cause son cheval de bataille depuis près d'une décennie. Expert reconnu internationalement, il a participé à plusieurs procès ayant abouti à des évolutions significatives, pour ne pas dire historiques, dans un domaine où les États se montrent généralement assez jaloux de leurs prérogatives.

«Le premier État ayant reconnu officiellement le droit à l'objection de conscience est le

Royaume-Uni, en 1916, restitue le juriste. Depuis, la plupart des démocraties occidentales qui possèdent une armée de milice ont suivi le mouvement, sous l'impulsion principalement du Comité des droits de l'homme des Nations unies puis, plus récemment, de la Cour européenne des droits de l'homme. Tous deux exigent de leurs membres la mise en place d'un service alternatif permettant d'échapper à la conscription. Les

CERTAINS ÉTATS, COMME SINGAPOUR, LA TURQUIE, LA CORÉE DU SUD OU ENCORE L'ÉRYTHRÉE RESTENT AUJOURD'HUI ENCORE TRÈS RÉTICENTS À METTRE EN PLACE UNE ALTERNATIVE AU SERVICE MILITAIRE OBLIGATOIRE.

importantes avancées acquises au cours de ces vingt dernières années ne doivent cependant pas masquer le fait qu'à l'échelle de la planète, on comptait par milliers le nombre de personnes enfermées pour ce motif jusqu'en 2018.»

Un Témoin à la barre C'est par l'intermédiaire d'un collègue canadien, qui connaît son intérêt pour les questions liées aux droits de l'homme, que Petr Muzny en vient à s'intéresser à la

problématique de l'objection de conscience. Nous sommes alors en 2009 et le cas que les deux avocats ont à traiter oppose le Ministère public arménien à un jeune Témoin de Jéhovah (Vahan Bayatyen) condamné à 2 ans et demi d'emprisonnement pour s'être soustrait au service militaire obligatoire en raison de ses convictions religieuses.

Après une tentative de recours infructueuse devant les juridictions arméniennes, le cas est porté devant la Cour européenne qui, dans un premier temps, donne raison à l'Arménie. «La seule issue qui nous restait était de tenter notre chance devant la Grande Chambre de la Cour européenne, explique Petr Muzny. Celle-ci n'entre en matière que lorsqu'elle considère que l'affaire soulève une question grave d'interprétation de la Convention ou qu'elle implique une remise en cause de son interprétation, ce qui correspondait à l'époque à un cas sur 60 en moyenne.»

Préparé dans l'urgence, le dossier ficelé par la défense est finalement accepté et la plaidoirie qui s'ensuit tourne au triomphe pour les deux juristes. À 16 voix contre une – celle de l'Arménie –, la cour donne raison au plaignant. Revenant sur la jurisprudence adoptée depuis près d'un demi-siècle, elle considère pour la première fois de son histoire que le droit à l'objection de conscience au service militaire est garanti par l'article 9 de la Convention européenne des droits de l'homme, lequel porte sur la liberté de pensée, de conscience et de religion.



« AVEC L'ÉMERGENCE D'ARMES DE PLUS EN PLUS DESTRUCTRICES, LE NOMBRE D'HOMMES MOBILISABLES N'EST PLUS UN CRITÈRE DÉTERMINANT EN MATIÈRE DE DÉFENSE. »

« Dans une période d'insécurité comme celle que nous traversons actuellement, les États ont tendance à s'accrocher à l'idée que tout homme doit servir sa patrie, commente Petr Muzny. Ils considèrent souvent que si l'on commence à faire des exceptions, cela va créer un appel d'air qui mettra en péril la sécurité de la collectivité tout en portant atteinte au principe d'égalité. Un de nos objectifs était de montrer à la cour qu'aucun de ces deux arguments ne résiste à l'analyse de la réalité. »

L'expérience montre en effet que la mise en place d'une alternative au service militaire obligatoire n'a jamais conduit à désorganiser l'armée d'un État, puisque cette mesure ne concerne en règle générale qu'une infime proportion de la population (on recense une dizaine de cas à Singapour pour une armée de 70 000 hommes et un millier pour un contingent d'un million de soldats en Russie).

Il existe par ailleurs déjà de multiples exceptions à l'obligation de servir. Dans de nombreux pays, certaines catégories de la population – les jeunes pères de famille, les membres de certaines ethnies, le personnel indispensable au bon fonctionnement des hôpitaux, les sportifs de très haut niveau, les dirigeants politiques ou les femmes – sont ainsi traditionnellement exemptés de leurs devoirs militaires sans que cela porte atteinte à la cohésion sociale.

À la barre, l'avocat genevois insiste également sur le fait qu'il est plus rationnel d'un point de vue économique d'utiliser les capacités d'un individu pour les mettre au service de la collectivité que d'envoyer celui-ci croupir derrière les barreaux.

« Avec l'évolution des technologies et l'émergence d'armes de plus en plus destructrices, le nombre d'hommes mobilisables n'est plus un critère déterminant en matière de défense, précise Petr Muzny. Cela a poussé de nombreux pays, dont les États-Unis et la Russie à réduire de manière assez drastique le nombre de conscrits. À l'inverse, les besoins de la société sont de plus en plus importants dans des domaines comme l'aide aux personnes âgées, le travail social, les transports ou l'entretien du paysage. »

Sommée de se conformer aux normes internationales, l'Arménie va pourtant traîner des pieds. D'autres personnes seront ainsi incarcérées après l'arrêt historique de l'affaire Bayatyan, tandis que le service alternatif qui est proposé aux objecteurs reste loin de satisfaire aux standards internationaux. Selon les directives édictées par les instances des

Nations unies, un service civil de nature «authentique et non punitive» ne peut en effet excéder une fois et demie la durée du service obligatoire. Il doit en outre être placé sous la supervision d'une autorité civile et non du Ministère de la défense.

On en est loin dans le système mis en place en Arménie à partir de 2004 qui contraint les participants à porter l'uniforme, à saluer selon les codes militaires et à accomplir des tâches en lien direct avec les activités de l'armée. Et pour ceux qui ont le malheur de refuser, c'est le retour à la case prison.

C'est dans ce contexte qu'un second procès s'ouvre devant la Cour européenne en octobre 2017. L'affaire «Adyan contre Arménie» débouche sur une nouvelle victoire pour la reconnaissance du droit à l'objection de conscience. Face à la pression exercée sur elle, la République caucasienne est contrainte de franchir le pas vers un service alternatif digne de ce nom. «*Même si les autorités ont longtemps reculé à mettre en place un tel système, analyse l'homme de loi, elles se félicitent aujourd'hui du résultat obtenu qui leur donne pleine satisfaction. Si bien que l'on peut considérer que la question est désormais résolue dans ce pays.*»

Le réveil du Matin calme Les choses ne sont pas loin de prendre le même chemin en Corée du Sud. Dans ce pays où près de 20 000 objecteurs de conscience ont été condamnés à des peines de prison depuis 1953, toutes les tentatives de recours ont été systématiquement balayées par les juges nationaux jusqu'en 2015. Sous la pression d'une opinion de moins en moins favorable à l'emprisonnement des objecteurs de conscience et d'un président, Moon Jae-in, spécialisé dans la défense des droits de l'homme, la situation a depuis évolué.

En juin 2018, la Cour constitutionnelle a ainsi rendu un jugement considérant que l'article de la législation nationale qui empêchait la création d'un service alternatif était

anticonstitutionnel. Elle a donc mis en demeure les autorités de mettre en place d'ici à la fin 2019 une nouvelle législation comportant un service civil alternatif.

« À partir de cette date, la Cour suprême s'est réveillée, raconte Petr Muzny. Une audience a été tenue dans la Grande Chambre, à laquelle j'ai été associé en tant qu'amicus curiae («ami de la cour» en latin, ndlr). Et le 1^{er} novembre 2018, la Cour suprême a jugé que l'objection de conscience n'était plus considérée comme un délit en Corée du Sud et que la conscience religieuse constituait un «juste motif» pour refuser d'effectuer le service militaire. Résultat: plusieurs centaines de prisonniers ont été soit relaxés, soit libérés dans les semaines qui ont suivi cette décision. »

Outre celui de Singapour, qui pose également problème, il reste un cas qui préoccupe particulièrement Petr Muzny: celui de l'Érythrée. Dirigé d'une main de fer par l'ancien leader révolutionnaire Isaias Afewerki depuis son indépendance en 1993, ce petit État de la corne de l'Afrique fait figure de champion en matière de répression des objecteurs de conscience.

Alors que le service militaire, qui concerne tous les hommes et les femmes de 17 à 40 ans, dure au minimum dix-huit mois – il peut être indéfiniment prolongé depuis 2002 –, aucune disposition légale n'existe concernant les personnes qui refusent de porter les armes. Cette situation a entraîné la désertion et l'exil d'un grand nombre de citoyens (environ 3000 par mois en 2013 selon le Haut-Commissariat aux réfugiés) ainsi que l'enfermement arbitraire d'un nombre indéterminé d'individus.

« On sait notamment qu'il y a quelques dizaines d'objecteurs qui sont emprisonnés depuis une longue période, dont trois depuis vingt-cinq ans, sans avoir été poursuivis ni condamnés officiellement, résume Petr Muzny. Ils sont maintenus au secret, dans des conditions inhumaines. Certains ont été torturés de manière abjecte et humiliante, d'autres sont morts en détention. Mais face à un État aussi autoritaire les moyens de pression sont maigres. Le fait que les autorités du pays aient récemment entamé des démarches auprès des Nations unies pour trouver un accord de paix avec l'Éthiopie donne cependant des raisons d'espérer que la situation ne demeure pas indéfiniment figée. »



DOSSIER

LE FABULEUX DESTIN D'H₂O



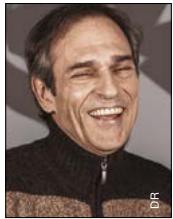


L'EAU EST AUSSI INDISPENSABLE À LA VIE QU'ELLE EST SINGULIÈRE.

C'EST VRAI DE SON COMPORTEMENT MOLÉCULAIRE MAIS AUSSI DE SA PLACE DANS LE DROIT, LA MÉDECINE OU L'HISTOIRE DE L'ART. BRÈVE PLONGÉE DANS LE MONDE AQUATIQUE EN COMPAGNIE DES CHERCHEURS DE L'UNIGE.

Dossier réalisé par Vincent Monnet et Anton Vos

On s'y baigne, on la boit, on l'utilise pour se laver, on voyage dessus... Elle nous remplit mais elle peut aussi nous noyer ou nous tuer en quelques jours si elle est absente. L'eau est omniprésente et indissociable de la vie. Au centre de ce fluide vital se trouve une molécule aux mille visages dont les scientifiques n'ont pas encore fini de faire le tour. Didier Perret, chargé d'enseignement à la Section de chimie (Faculté des sciences) et codirecteur du Chimiscopé, propose une première approche de H_2O , une molécule aux talents inégalables et à laquelle on doit tout. ▶



Didier Perret

Chargé d'enseignement et conseiller aux études à la Section de chimie (Faculté des sciences).

Obtient sa licence, son diplôme, son doctorat en chimie et deux masters (chimie de l'environnement et calcul numérique) à l'Université de Genève.

Chercheur en chimie analytique de l'environnement à l'Université de Genève, de Lausanne et à l'École polytechnique fédérale de Lausanne.

Auteur d'une soixantaine de publications et consultant indépendant en environnement pour la Confédération et le canton de Genève.

UNE GLACE AUX MILLE REFLETS

La glace possède, à petite échelle, une structure cristalline, c'est-à-dire un arrangement régulier des molécules d'eau qu'elle contient. Celle qu'on connaît sur Terre est la plus stable aux températures et pressions qui règnent sur la planète mais il en existe d'autres. Au moins quinze phases cristallines différentes ont été répertoriées. Elles sont en général obtenues à des pressions très élevées et possèdent des propriétés variables.

Campus : Qui est H₂O ?

Didier Perret : C'est une molécule pas comme les autres. Sa forme liquide – qu'on appelle eau – est capable de dissoudre tant de substances qu'elle est qualifiée de « solvant universel ». Quand on la refroidit jusqu'à devenir solide, c'est-à-dire de la glace, elle se dilate tandis que n'importe quelle autre matière naturelle se contracterait. Quand elle est vapeur, elle contribue à l'effet de serre. Et bien sûr, elle représente un élément essentiel à la vie telle qu'on la connaît – c'est d'ailleurs pour cela que les astronomes cherchent à détecter sa présence dans les planètes extrasolaires. Cette molécule possède de nombreuses autres particularités. Les chimistes ont répertorié des dizaines d'anomalies de l'eau par comparaison avec d'autres liquides.

Comment le chimiste explique-t-il la singularité de la molécule d'eau ?

Cela tient avant tout à sa configuration spatiale et électronique. On représente souvent H₂O (c'est-à-dire l'assemblage de deux atomes d'hydrogène et d'un d'oxygène) comme une molécule ayant l'oxygène en son milieu et possédant deux bras ouverts en « V » à l'extrémité desquels sont placés les atomes d'hydrogène. Ce n'est pas faux mais réducteur. En réalité, la molécule possède quatre bras. Les deux autres sont occupés par des paires d'électrons (voir *infographie* p. 25). Du coup, le volume délimité par les extrémités de ces quatre bras forme un petit tétraèdre légèrement déformé.

Est-ce cette disposition spatiale qui confère à la molécule ses caractéristiques uniques ?

Pas seulement. H₂O est aussi un dipôle électrique. La molécule est parfaitement neutre dans son ensemble

mais les charges électriques ne sont pas distribuées de manière équilibrée à sa surface. On peut le comprendre en observant le fameux tableau périodique des éléments. Plus un élément se trouve à gauche dans ce système de classement – mis au point par le chimiste russe Dmitri Mendeleïev en 1869 –, plus il aime donner son électron. Plus il se situe à droite, plus il ressemble au contraire à un aspirateur à électrons. Dans le cas de l'eau, l'hydrogène est tout à gauche et l'oxygène presque à l'extrême droite (si l'on excepte la dernière colonne un peu spéciale formée des gaz rares chimiquement inertes, il n'est dépassé que par le fluor). Au sein de la molécule d'eau, cette différence importante d'affinité pour les électrons se traduit par une concentration électronique plus faible autour des atomes d'hydrogène et plus forte dans les deux bras opposés. Nous sommes donc en présence d'un dipôle assez intense.

Quelle est la conséquence de cette configuration ?

Dès qu'ils le peuvent, les petits tétraèdres d'eau vont s'arranger de manière à ce que les pôles chargés positivement des uns se lient avec les pôles chargés négativement des autres. On appelle cela les « liaisons hydrogène » ou « ponts hydrogène ». Elles (ils) permettent de créer un réseau relativement stable à très grande échelle, comme une espèce de consortium de molécules. Ces liaisons hydrogène ne sont toutefois pas très rigides. Elles sont labiles. À température ambiante, elles se font et se défont sans cesse, ce qui confère à l'eau sa fluidité. Néanmoins, comme chaque molécule est capable d'établir jusqu'à quatre de ces liaisons hydrogène avec ses voisines, cela donne une certaine cohérence au système.

Que se passe-t-il si on chauffe ce bel ensemble ?

La glace I (h) compose quasiment toute la glace présente sur Terre, à quelques exceptions près. Sa structure cristalline hexagonale se révèle de façon macroscopique dans les flocons de neige ou de glace qui, même s'ils sont tous uniques, ressemblent à des étoiles comptant toujours six branches.



La glace I (c) possède une structure cubique. Elle existe aussi sur Terre mais elle est très rare. Elle est moins stable que l'hexagonale mais joue un rôle dans la formation de nuages composés de cristaux de glace comme les cirrus. Elle subsiste dans la haute atmosphère à des températures très basses et se transforme en **glace I (h)** vers -33 °C.

La chaleur se traduit par de l'agitation moléculaire qui, au fur et à mesure qu'elle augmente, casse ces liaisons hydrogène et empêche de nouvelles de se former. Les molécules s'éloignent les unes des autres et lorsque la température atteint les 100 °C, elles se transforment massivement en gaz et s'échappent lors du bouillonnement dans des volutes de vapeur d'eau. Il faut noter que même cette dernière est encore composée de « micro-consortiums » de quelques molécules de H₂O, tenues ensemble en de minuscules gouttelettes grâce, une fois de plus, à la liaison hydrogène.

Des gouttelettes qui contribuent à l'effet de serre, dites-vous...

La molécule d'eau, de par sa géométrie et sous l'effet de la température, peut en effet vibrer selon plusieurs modes qui correspondent à des longueurs d'onde situées dans le rayonnement infrarouge. Résultat: la chaleur qui remonte de la surface de la Terre elle-même chauffée par le Soleil est en partie absorbée par la vapeur d'eau présente dans l'atmosphère. En d'autres termes, celle-ci contribue à l'effet de serre naturel. C'est même, de par son abundance dans l'air, le principal acteur – avant le CO₂ – de ce phénomène sans lequel la température sur Terre passerait en dessous des -18 °C. Pour rappel, le CO₂, lui, est le principal responsable de l'augmentation de l'effet de serre causé par les activités humaines depuis le début de l'ère industrielle. Une problématique à laquelle la vapeur d'eau ne contribue pas, tout excès de ce gaz dans l'atmosphère retombant rapidement sous forme de pluie.

Et qu'arrive-t-il quand on refroidit l'eau ?

La chaleur, comme je l'ai dit, donne du mouvement aux molécules. Cela leur permet de se trouver dans des

configurations spatiales qui prennent moins de place, comme si elles « s'imbriquaient » les unes dans les autres. Quand la température diminue, les liaisons hydrogène prennent le dessus. Elles se stabilisent petit à petit jusqu'à se figer à 0 °C pour former de la glace. Cette transition oblige les molécules à s'éloigner les unes des autres afin de pouvoir s'organiser, localement, sous forme de cristaux dont la structure est hexagonale (d'autres orga-

« POUR TOUTES LES AUTRES SUBSTANCES DE L'UNIVERS, LA PHASE SOLIDE EST PLUS 'DENSE' QUE LA PHASE LIQUIDE. »

nisations sont possibles mais elles ne sont pas stables dans les conditions terrestres, lire ci-dessous). C'est un peu comme si, dans une discothèque pleine à craquer, tous les danseurs s'immobilisaient et tentaient soudainement de se ménager un espace vital de la distance d'un bras tendu. Chacun s'écartait de ses voisins et la foule dans son



La glace II pourrait, selon certains théoriciens, composer une grande partie de l'intérieur de certaines lunes de Jupiter comme Ganymède au même titre que la **glace VII**. Sa structure cristalline est rhomboédrique, c'est un parallélépipède dont les faces sont des losanges.

La glace VII est cubique. Dans une étude parue dans la revue *Science* du 9 mars 2018, des chercheurs rapportent la découverte de ce type de glace sous la forme d'inclusions dans des diamants provenant d'Afrique du Sud, du Congo, de Sierra Leone et de Chine. Ces diamants se sont formés dans la zone de transition du manteau terrestre (entre 410 et 660 km de profondeur) où ils ont probablement piégé de l'eau liquide. L'eau a ensuite cristallisé lors de la remontée vers la surface en raison de la baisse de température et malgré la baisse de pression, laquelle est cependant restée supérieure à 240 000 atmosphères grâce à la grande rigidité du diamant.



La glace IX telle que la décrit l'écrivain Kurt Vonnegut dans le *Berceau du chat* (1963), avec un point de congélation bien au-dessus de la température ambiante à la pression atmosphérique normale, est un matériau totalement

fictif. Dans ce roman, cette glace est stable et, une fois formée, cristallise toute eau liquide avec laquelle elle entre en contact, entraînant une catastrophe mondiale. Dans la vraie vie, la **glace IX** s'obtient à une température de -108 °C et à une pression de 2800 atmosphères.

La glace amorphe n'a aucune structure cristalline. On la trouve notamment dans l'espace. On l'obtient aussi sur Terre en refroidissant très rapidement de petites quantités d'eau.

ensemble occuperait plus d'espace. Ce qui fait chuter la densité, ou plutôt la masse volumique, qui est un terme plus précis.

Qu'y a-t-il de si incroyable à ça ?

Il n'existe aucun autre liquide dans la nature qui ait le même comportement. Pour toutes les autres substances de l'univers, la phase solide est plus « dense » que la phase liquide. Un lingot d'or tombe au fond d'un bol d'or en fusion. Même chose pour un glaçon d'alcool plongé dans de l'alcool. À quelques rares exceptions près mais qui sont des cas très spéciaux et qui n'existent pas dans la nature (lire encadré ci-contre), il n'y a que l'eau gelée qui flotte sur l'eau liquide.

Aucune autre substance ne peut faire le coup des bras tendus dans la discothèque ?

En effet. Dans tous les autres cas de figure, la liaison hydrogène est soit inexistante soit trop faible pour cela. Le méthanol (CH_3OH), ou alcool de bois, est une molécule qui ressemble beaucoup à celle d'eau dans laquelle on aurait remplacé un H par un CH_3 . Elle est certes capable d'établir des liaisons hydrogène avec ses voisines, mais seulement trois, contre quatre pour H_2O . Par ailleurs, ces liaisons sont beaucoup plus faibles que dans le cas de l'eau à cause de l'espace que prend le radical CH_3 . On pourrait également imaginer remplacer l'atome d'oxygène de la molécule d'eau par des éléments de la même colonne du tableau périodique, qui ont tous des caractéristiques similaires. Le soufre (S), le sélénium (Se) ou encore le tellure (Te) existent en effet sous forme de H_2S , de H_2Se et de H_2Te et tous possèdent une géométrie à quatre branches de type tétraèdre et forment un dipôle. Mais dans tous ces cas, le noyau atomique central est plus gros que celui de l'oxygène. Prenant plus de place, il ne permet pas d'obtenir un arrangement aussi parfait qu'avec H_2O . D'ailleurs, si l'on poursuit la comparaison avec ces éléments de la même colonne, le caractère unique de l'eau devient encore plus flagrant.

Que voulez-vous dire ?

Si l'on considère les températures de fusion et d'ébullition du H_2Te , du H_2Se et du H_2S , on remarque qu'elles suivent des progressions linéaires. Si H_2O se situait dans le prolongement logique de cette tendance, son point de fusion devrait se trouver à -100°C et son point d'ébullition à -93°C , ce qui est très loin de la réalité. L'eau introduit une rupture inhabituelle dans le tableau périodique. Elle est tellement unique que même sa sœur jumelle, l'eau lourde (D_2O), ne flotte pas quand elle se transforme en glace.

Qu'est-ce que l'eau lourde ?

DES SOLIDES PLUS LÉGERS QUE DES LIQUIDES

La glace flotte car sa masse volumique ($0,92$ gramme par cm^3) est inférieure à celle de l'eau liquide ($1\text{ g}/\text{cm}^3$ pour de l'eau à 4°C)

Quelques éléments possèdent la même propriété : le silicium, le germanium, le plutonium, l'antimoine, le bismuth et le gallium. Ceux-ci ne se retrouvent jamais seuls dans la nature mais toujours intégrés dans des molécules plus grandes qui, elles, n'ont pas la même propriété.

Certains alliages se dilatent aussi en se solidifiant et sont exploités pour cela dans l'industrie.

Plusieurs molécules présentent la même caractéristique. La plus commune est l'acide acétique pur (contenu dans le vinaigre), dont le glaçon fond à 17°C . Mais ni elle ni les autres ne sont prédominantes dans la vie sur Terre.

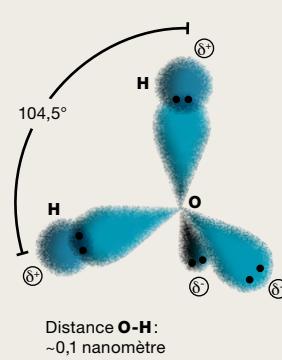
Hormis dans le cas de l'eau, la dilatation lors de la solidification n'est jamais due aux liaisons hydrogène. Il n'existe aucune explication pour ce phénomène.

C'est de l'eau dans laquelle l'hydrogène a été remplacé par son premier isotope, le deutérium (D). Ce dernier est identique à l'hydrogène sauf que son noyau compte un neutron en plus du proton habituel. Cela suffit à changer la géométrie de la molécule et empêcher des liaisons hydrogène de s'établir parfaitement. L'eau lourde est une substance assez chère (plus de 1000 francs le kg) mais comme son apparence est identique à celle de l'eau, voir un glaçon tomber au fond d'un verre est une expérience intéressante à réaliser. En général, elle surprend l'assistance, comme si c'était un phénomène exceptionnel alors que c'est l'eau légère qui est anormale. Heureusement, d'ailleurs.





LA MOLÉCULE DE H_2O EST UN TÉTRAÈDRE PRESQUE PARFAIT



Le noyau de l'atome d'oxygène (**O**) occupe le centre. Les atomes d'hydrogène (**H**) sont en gris.

Les formes allongées rouges représentent quatre orbitales «hybridées» de l'oxygène.

Ces orbitales contiennent les six électrons de la couche électronique extérieure de l'oxygène.

Deux d'entre eux servent à former les liaisons en se combinant avec les électrons solitaires des atomes d'hydrogène.

Les quatre restants forment des doublets d'électrons non liants.

Les atomes d'hydrogène ont tendance à repousser leur électron. Ils sont chargés positivement (δ^+).

Les deux orbitales non liantes, elles, possèdent une charge négative (δ^-).

Ce déséquilibre dans la répartition des charges déforme légèrement l'orientation des quatre bras. L'angle entre les deux liaisons **O-H** est de 104,5° alors qu'il vaudrait 109,5° dans un tétraèdre parfait.



ENTRE DEUX EAUX

Des chercheurs suédois ont réussi à montrer, dans un article paru dans la revue *Science* du 22 décembre 2017, que l'eau est en réalité un mélange de deux phases liquides différentes.

Selon les auteurs, les molécules de H_2O s'assemblent à quatre ou cinq sous l'effet des liaisons hydrogène. Ces minuscules grappes s'agencent ensuite entre elles selon un mode qui produit une eau à haute densité ou un autre qui donne naissance à une eau à basse densité.

ISTOCK

UNE EAU «AB INITIO»

Une équipe de l'École polytechnique fédérale de Lausanne a calculé certaines propriétés macroscopiques de l'eau (différence de densité entre glace et eau, températures de fusion de l'eau normale et de l'eau lourde, stabilité de différentes formes de glace...) en partant des équations de la mécanique quantique. Publié en décembre 2018 dans la revue *PNAS*, les résultats sont en parfait accord avec les données

expérimentales. Cette prouesse a été réalisée à l'aide de la «théorie de la fonctionnelle de la densité», une variante de l'équation de Schrödinger, qui est à la base de la physique quantique. Cette dernière est toutefois impossible à résoudre analytiquement dès lors que le système considéré est plus complexe que l'atome d'hydrogène. Au-delà, il convient de se tourner vers des simulations numériques

par ordinateur. Mais la puissance de calcul requise devient très vite insurmontable surtout si l'on cherche à déterminer les caractéristiques macroscopiques de l'eau. C'est l'intelligence artificielle et l'apprentissage profond (*deep learning*) qui ont permis aux chercheurs d'économiser suffisamment de temps de calcul pour venir à bout du problème.

Dans les conditions ambiantes, l'eau ne peut pas décider dans laquelle des deux formes elle devrait être, ce qui entraîne des fluctuations locales. Ce phénomène est donc imperceptible à notre échelle mais devient détectable avec de l'eau dite en «surfusion», c'est-à-dire sous forme liquide mais à une température en dessous de zéro.

L'effet est maximal à $-44^{\circ}C$. Les deux eaux pourraient alors même se séparer comme l'huile et le vinaigre.

Pourquoi ?

Le fait que la glace flotte sur l'eau permet à la vie de survivre lorsque les conditions deviennent particulièrement hostiles, comme lors des périodes de grande glaciation. Si l'eau gelée tombait au fond des lacs, tout le volume d'eau finirait par se figer, éradiquant du même coup toute forme de vie. En réalité, l'eau la plus dense – ayant la masse volumique la plus élevée – est à 4 °C. C'est pourquoi la température des fonds marins et lacustres est si stable. En restant en surface, la glace forme une couche isolante, préservant les organismes piégés en dessous, tout en laissant passer suffisamment de lumière pour entretenir la photosynthèse. En attendant que survienne le dégel. Sans exagérer, on peut dire que la vie sur Terre doit une fière chandelle à la liaison hydrogène.

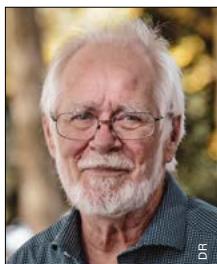
Et qu'est-ce qui fait que l'eau est un « solvant universel » ?

C'est également dû au dipôle électrique formé par la molécule de H₂O. Cette caractéristique permet aux molécules d'eau de s'attacher à toute substance ionique comme les sels ou d'autres molécules polaires avec lesquelles elles peuvent parfois se combiner grâce à la liaison hydrogène. Les sucres, les acides aminés et autres composés sont

ainsi isolés et entourés de H₂O ou, autrement dit, dissous dans l'eau. Cela permet au sang, qui est de l'eau à 90%, de véhiculer des éléments indispensables à l'organisme ainsi qu'aux précipitations et autres cours d'eau de lessiver les sols, d'éroder les montagnes, de dissoudre les sels minéraux et de saler les mers. Malheureusement, l'eau peut tout aussi bien transporter des éléments nocifs, voire même toxiques.

EN RESTANT EN SURFACE, LA GLACE FORME UNE COUCHE ISOLANTE, PRÉSERVANT LES ORGANISMES PIÉGÉS EN DESSOUS, TOUT EN LAISSANT PASSER SUFFISAMMENT DE LUMIÈRE POUR ENTREtenir LA PHOTOSYNTHÈSE.

JACQUES DUBOCHET, L'HOMME QUI A INVENTÉ L'EAU FROIDE



Jacques Dubochet a décroché le Prix Nobel de chimie 2017 pour avoir mis au point une méthode pour « vitrifier » l'eau. Cette transformation – obtenue en utilisant de l'éthane à environ -190 °C – maintenu

dans un bain-marie d'azote liquide – consiste à refroidir de petites quantités d'eau tellement vite qu'elles se figent sans pouvoir former de la glace – et donc sans se dilater.

Le professeur honoraire de l'Université de Lausanne et ancien doctorant à celle de Genève cherchait à développer une pré-

paration permettant à des échantillons biologiques d'être observés au microscope électronique.

Ce dernier utilise des faisceaux d'électrons et fonctionne donc dans le vide. Dans ces conditions, l'eau, qui compose à plus de 90% toute forme de vie, s'évapore immédiatement, détruisant les organismes que l'on veut étudier. La congélation, entraînant une dilatation de l'eau et la formation de cristaux coupants, aboutit au même résultat désastreux.

Les scientifiques ont alors mis au point des processus visant à remplacer préalablement l'eau des échantillons par une résine qui se durcit (sans se dilater) et permet leur utilisation dans un microscope électronique. Le problème, c'est que cette méthode introduit des artefacts dans les observations.

Jacques Dubochet découvre la vitrification dans les années 1980, alors qu'il travaille au Laboratoire européen de biologie moléculaire à Heidelberg en Allemagne. La technique est à même de résoudre tous les problèmes de la microscopie électronique énoncés ci-dessus puisque le contenu des échantillons (cellules, virus, protéines...) demeure intact lors du processus. Un peu comme si l'on arrêtait subitement le film de la vie.

Il faudra toutefois plusieurs années pour améliorer un pouvoir de résolution relativement faible qui handicaperà longtemps la méthode. Désormais en plein essor, la cryomicroscopie électronique permettra peut-être d'obtenir des images à l'échelle atomique des machineries moléculaires à l'œuvre dans le vivant.

Jacques Dubochet, professeur honoraire à l'Université de Lausanne et ancien doctorant à Genève, a obtenu le Prix Nobel de chimie en 2017 grâce à une découverte basée sur la vitrification de l'eau. De quoi s'agit-il ?

Il existe différentes phases solides pour l'eau. La vitrification en est une. Elle est obtenue en refroidissant une petite quantité d'eau tellement vite que les liaisons hydrogène n'ont pas le temps de s'établir. Pour reprendre l'analogie de la discothèque, c'est comme si l'on figeait instantanément les danseurs qui n'ont dès lors pas le temps de s'écartier les uns des autres. Jacques Dubochet a été primé pour avoir mis au point une technique permettant de réaliser cette prouesse, ce qui représente une avancée considérable pour l'étude du vivant par la microscopie électronique (*lire ci-contre*).

DROIT INTERNATIONAL

ET AU MILIEU COULE UNE RIVIÈRE

POUR PRÉSERVER LES RESSOURCES EN EAUX DE LA PLANÈTE, IL EST NON SEULEMENT NÉCESSAIRE DE METTRE FIN AUX VIOLATIONS DU DROIT INTERNATIONAL HUMANITAIRE LORS DE CONFLITS ARMÉS, MAIS AUSSI D'ENCOURAGER LA COOPÉRATION TRANSFRONTALIÈRE. C'EST LE POINT DE VUE QUE DÉFEND LE PANEL MONDIAL DE HAUT NIVEAU SUR L'EAU ET LA PAIX DONT LE SECRÉTARIAT A SON SIÈGE À GENÈVE.



Laurence Boisson de Chazournes

Professeure ordinaire au Département de droit international public et organisation internationale (Faculté de droit)

Conseillère principale auprès de la Banque mondiale de 1995 à 1999, Laurence Boisson de Chazournes agit depuis en tant qu'experte auprès d'États, d'organisations internationales, d'associations et de fondations. Elle a été membre du Comité consultatif du Conseil des droits de l'homme des Nations unies entre 2011 et 2017, du Panel de haut niveau sur l'eau et la paix (2015-2017), ainsi que du Geneva Water Hub et du Research Council de l'European University Institute (depuis 2017).

Les ressources en eau potable de la planète sont aujourd'hui prises entre deux feux. D'une part, parce que les guerres asymétriques qui caractérisent les conflits armés contemporains donnent lieu à des attaques toujours plus fréquentes contre les installations hydrauliques, comme en témoigne la prise du barrage de Mossoul par les troupes de l'État islamique en 2014 ou la destruction plus récente d'infrastructures servant à l'approvisionnement en eau potable à Alep par les forces gouvernementales. De l'autre, parce que les effets conjugués de la croissance démographique et du changement climatique devraient immanquablement conduire à une pression accrue sur les réserves disponibles, sachant que seuls 2,5% de l'eau présente sur Terre peut être utilisée pour répondre aux besoins humains (consommation domestique, irrigation, industrie). La situation est à ce point alarmante que, selon les experts du Forum économique mondial de Davos, la rareté grandissante de ce liquide indispensable au développement de la vie humaine constitue l'un des principaux risques pour la prochaine décennie à l'échelle de la planète.

Pour éviter que cette prophétie ne se réalise, le Panel mondial de haut niveau sur l'eau et la paix a formulé des recommandations visant à renforcer les instruments permettant de réduire ou d'éviter les conflits liés à l'eau et à confirmer le rôle de l'eau comme instrument de paix. Ce groupe d'experts, soutenu par une quinzaine d'États et dont le secrétariat est hébergé par le Geneva Water Hub (*lire ci-contre*), a publié un rapport intitulé *L'eau une question de survie* en 2017. Les auteurs de ce document en appelaient alors à une approche nouvelle sur le plan de la réflexion, des pratiques et des institutions, aussi bien dans les domaines de la diplomatie, du droit international et de la sécurité que dans ceux de la gestion des données, de la finance, de la technologie, du changement climatique ou de la lutte contre la pollution.

LA RARETÉ GRANDISSANTE DE L'EAU DOUCE CONSTITUE L'UN DES PRINCIPAUX RISQUES POUR LA PROCHAINE DÉCENNIE À L'ÉCHELLE DE LA PLANÈTE.

Dans cette perspective, les experts recommandaient notamment l'instauration d'un cessez-le-feu en cas de menaces sur les ressources hydrauliques durant un conflit armé, mesure qui a été adoptée lors du conflit en Ukraine. Ils préconisaient également la création d'un Observatoire mondial de l'eau et de la paix dont la fonction première consisterait à fournir des analyses scientifiques et juridiques ainsi que des conseils en matière de politiques à la communauté internationale, projet qui est en voie de réalisation.

Rendue publique le 22 mars dernier dans les murs de l'International Peace Institute de New York, la *Liste de principes de Genève sur la protection des infrastructures hydrauliques* se situe

dans la droite ligne de ce premier exercice. Ce texte de référence, dont les chevilles ouvrières sont Mara Tignino, maître d'enseignement et de recherche à la Faculté de droit et Öykü Irmakkesen, assistante à l'Académie de droit international humanitaire et de droits humains, comprend une vingtaine de recommandations. Il rassemble pour la première fois dans un document unique les règles fragmentées sur la protection des infrastructures hydrauliques dans différentes branches du droit international, à savoir le droit

international humanitaire, les droits de l'homme, le droit international de l'environnement et le droit international de l'eau. Il encourage lui aussi les États à créer en temps de paix des commissions ou des mécanismes mixtes en vue d'assurer la protection des infrastructures hydrauliques situées sur des ressources en eau transfrontières.

«Il est bien sûr nécessaire de mettre fin aux exactions qui visent les installations hydrauliques en temps de guerre et qui ont longtemps constitué une «zone grise» pour le droit», résume Laurence Boisson de Chazournes, professeure ordinaire à la Faculté de droit, membre du Geneva Water Hub et du Panel de haut niveau sur l'eau et la paix. Mais cela ne suffit pas. Pour faire face à des défis aussi complexes que le changement climatique, la



LA PLATEFORME QUI REPENSE LA DIPLOMATIE DE L'EAU

Lancé en 2014 par l'Université de Genève et le Département fédéral des affaires étrangères, le Geneva Water Hub met l'accent sur l'hydro-diplomatie afin de prévenir et résoudre les conflits. Il mène des recherches, organise des formations et constitue un groupe de réflexion sur la gouvernance mondiale de l'eau et ses défis. Il cherche plus particulièrement à combler le fossé entre la recherche, les politiques et les pratiques sur le terrain. Servant depuis 2015 de secrétariat au Panel de haut niveau sur l'eau et la paix, il coordonne également le Partenariat universitaire pour la

coopération et la diplomatie dans ce domaine, lancé lors du World Economic Forum de Davos de 2018. Regroupant des chercheurs de la Faculté de droit – dont ceux de la Plateforme pour le droit international de l'eau douce – et de l'Institut des sciences de l'environnement, le Geneva Water Hub organise une École d'été annuelle sur la gouvernance de l'eau. Il propose par ailleurs des cours à distance et des «webinaires» (contraction des mots web et séminaire) sur le droit international de l'eau et le droit des aquifères transfrontières, ainsi que plusieurs cours en ligne en accès

libre sur des sujets tels que la politique et la gestion des ressources en eau et les services écosystémiques. En février dernier, le Geneva Water Hub a organisé, avec le Secrétariat de la Convention sur la protection et l'utilisation des cours d'eau transfrontières et des lacs internationaux de la CEE-ONU, une rencontre diplomatique entre la Gambie, la Guinée-Bissau, la Mauritanie et le Sénégal. Cette réunion a offert aux représentants des ministères responsables de l'eau des quatre pays l'opportunité d'avoir un premier échange sur

l'état des connaissances concernant le bassin aquifère sénégalo-mauritanien. Elle a également permis aux États concernés d'explorer des pistes visant leur engagement potentiel dans la gestion des eaux souterraines, leur mandat actuel se limitant aux eaux de surface. Couvrant une superficie d'environ 350 000 km², le bassin aquifère sénégalo-mauritanien constitue une ressource stratégique de première importance pour un bassin de population qui compte 24 millions de personnes.

www.geneawaterhub.org/fr



pollution ou l'accès inégalitaire aux ressources, il faut également encourager toutes les initiatives qui, à des échelons divers, sont susceptibles de favoriser le dialogue au niveau local ou régional.» Dans ce domaine, il n'existe toutefois pas de solution magique. Les traités universels des Nations unies sur les eaux, à savoir la Convention des Nations unies sur le droit relatif aux utilisations des cours d'eau internationaux à des fins autres que la navigation et la Convention sur la protection et l'utilisation des cours d'eau transfrontières et des lacs internationaux, se bornent en effet à fixer des principes de base, notamment celui du partage juste et équitable des ressources en eau transfrontalières et celui de ne pas causer de dommages importants, sans préciser les modalités de leur mise en œuvre.

«Le droit est un outil indispensable mais non suffisant pour gérer les ressources en eau, poursuit la juriste. Il doit toujours être en phase avec d'autres éléments, culturels, sociaux, économiques ou géographiques qui sont propres au cours d'eau ou au bassin fluvial concerné. Il faut donc mettre autour d'une même table l'ensemble des acteurs impliqués (pouvoirs publics, organisations internationales, agences non gouvernementales, milieux scientifiques) et analyser chaque situation au cas par cas. Ceci en sachant qu'en dernier recours, c'est aux États riverains que revient la responsabilité de s'accorder sur ce que représente réellement le partage équitable et raisonnable préconisé par les normes internationales.»

À cet égard, l'Organisation pour la mise en valeur du fleuve Sénégal (OMVS) est souvent citée en exemple.

Regroupant le Mali, la Mauritanie et le Sénégal, rejoints par la Guinée en 2006, l'OMVS a été créée dès 1972 afin de gérer le bassin-versant du fleuve Sénégal de façon concertée. Un vaste programme d'aménagements hydro-agricoles et hydroélectriques a ainsi pu être mis sur pied avec l'appui de bailleurs de fonds comme la Banque mondiale et les agences de développement. Ces grands barrages sont aujourd'hui la propriété commune des États membres de l'Organisation, la plus-value financière réalisée grâce à la production énergétique étant répartie entre eux. Et même au plus fort de la crise entre la Mauritanie et le Sénégal entre 1989 et 1991, qui s'est soldée par la rupture de leurs relations diplomatiques, le dialogue au sein de l'OMVS n'a jamais été rompu. Dans un registre similaire, la Commission de l'Indus, qui lie l'Inde et le Pakistan, a elle aussi survécu au contentieux sévère qui oppose les deux États à propos du Cachemire.

À l'inverse, les bénéfices sont plus incertains dans la région du Mékong, la Chine ayant choisi de faire cavalier seul et de poursuivre la construction de ses barrages en toute impunité. Des tensions sont également perceptibles autour du Nil, l'Égypte rechignant à reconnaître les prétentions de l'Éthiopie suite au partage effectué avec le Soudan à la fin des années 1950.

«Ce type de dispositif a le grand mérite de permettre de garder le contact en tout temps et en toutes circonstances, analyse Laurence Boisson de Chazournes. Le problème, c'est que tant les pouvoirs alloués à ces commissions transfrontalières que le

Depuis 2017, le fleuve Whanganui, qui coule sur 290 kilomètres en Nouvelle-Zélande, dispose d'une personnalité juridique, ce qui lui donne les mêmes droits qu'un être humain. En Inde, le Gange et son affluent, la Yamuna, ont également été considérés par la Haute Cour de l'État de l'Uttarakhand comme des «entités vivantes ayant le statut de personne morale».

LES NAPPES AQUIFÈRES, QUI PRODUISENT PRÈS DE 80% DE L'EAU POTABLE CONSOMMÉE SUR TERRE, ONT ÉTÉ TRÈS PEU EXPLORÉES PAR LE DROIT INTERNATIONAL

contenu concret de la coopération peuvent varier considérablement d'une région à l'autre. C'est une des raisons pour lesquelles le Panel mondial de haut niveau sur l'eau et la paix préconise la création d'institutions spécialisées dans la médiation qui pourraient aider efficacement les États à trouver un véritable terrain d'entente, puisqu'à l'heure actuelle sur les 263 bassins partagés que compte la planète, beaucoup n'ont pas encore adopté de cadres juridiques et institutionnels communs.»

L'autre piste qui retient toute l'attention des juristes est celle des nappes aquifères. Ces réserves souterraines qui produisent pourtant près de 80% de l'eau potable consommée aujourd'hui sur Terre ont pour l'instant été très peu explorées par le droit international, alors même qu'elles possèdent un énorme potentiel en termes de maintien de la paix et de la sécurité comme le montre le traité historique signé il y a 40 ans de cela par les autorités du canton et celle du département voisin de Haute-Savoie (*lire ci-dessous*).

«Afin d'anticiper au mieux les conséquences prévisibles du changement climatique, la solution idéale consisterait à considérer l'eau comme un intérêt commun à l'ensemble de l'humanité, conclut Laurence Boisson de Chazournes. Il deviendrait

ainsi envisageable de reconnaître aux États désavantagés sur le plan hydrologique un intérêt dans le cycle hydrologique global, intérêt qui pourrait se concrétiser sous diverses formes à commencer par du transfert de technologie ou de l'aide à l'expertise. Cela ne pourra toutefois se faire sans l'intervention du secteur privé, et nombre d'États dans les diverses régions du monde se montrent très critiques envers ce type de démarche.»

LE MODÈLE DE L'AQUIFÈRE DU GENEVOIS À 40 ANS

C'est à partir du milieu des années 1960 que les autorités des deux côtés de la frontière genevoise commencent à s'inquiéter du risque d'assèchement de la nappe du Genevois qui couvre une large partie des besoins en eaux de la région. Surexploitée en raison de l'augmentation démographique, celle-ci donne en effet des signaux alarmants. Entre 1968 et 1976, son niveau chute de pas moins de 6 mètres, tandis que certains puits alentour sont à sec.

Devant l'urgence de la situation, un accord alors unique au monde est paraphé le 9 juin 1977. Courant sur quarante ans, il a pour objectif premier de protéger l'aquifère genevois et de préserver la qualité de ses eaux. Dans cette perspective, il établit une commission de

gestion chargée d'établir un plan d'utilisation annuel basé sur les besoins des utilisateurs et de prévoir des mesures de protection contre la pollution. Le texte institue le partage des coûts inhérents à la construction d'installations

permettant la recharge de la nappe à partir des eaux de l'Arve, ainsi que l'obligation de procéder à des relevés de niveau réguliers et une procédure en cas de litige.

«Cet accord, qui est dû à la grande clairvoyance des décideurs politiques de l'époque, est le plus complet à ce jour, observe Laurence Boisson de Chazournes, professeure à la Faculté de droit et membre du Geneva Water Hub. Il a ouvert la porte à une coopération transfrontalière concrète à l'échelle du Grand Genève et inspiré



d'autres régions du monde qui ont également adopté ce mode de gestion fondé non pas sur la diplomatie de haut vol mais sur l'action concrète.»

C'est le cas du Soudan, du Tchad, de la Libye et de l'Égypte, réunis dans le cadre du système aquifère des grès nubiens qui, avec ses 2 millions de km², constitue l'une des plus grandes réserves d'eaux souterraines du monde. La Libye a également conclu un accord avec l'Algérie et la Tunisie dans le cadre

du Système aquifère du Sahara septentrional, tandis que le système aquifère d'Iullemeden regroupe l'Algérie, le Bénin, le Burkina Faso, le Mali, la Mauritanie, le Niger et le Nigeria. Au Moyen-Orient, l'aquifère de Al-sag/Al-Disi permet une gestion conjointe des eaux entre la Jordanie et l'Arabie saoudite, tandis que l'Argentine, le Brésil, le Paraguay et l'Uruguay travaillent à la mise en place d'une structure commune autour de l'aquifère Guarani.



DIAPORAMA

LES PEINTRES DE L'INVISIBLE

TRANSPARENTE COMME L'AIR ET MOUVANTE COMME LE FEU, **L'EAU EST PEUT-ÊTRE, DES QUATRE ÉLÉMENTS, LE PLUS DIFFICILE À PEINDRE**. L'HISTOIRE DE L'ART REGORGE POURTANT D'OcéANS DÉCHAÎNÉS, DE BERGES SEREINES ET DE CASCADES BOUILLONNANTES, MÊME S'IL FAUT ATTENDRE LA RENAISSANCE POUR QUE CE LIQUIDE DEVienne UN SUJET EN TANT QUE TEL. LA PREUVE EN IMAGES.

«La pêche miraculeuse», Konrad Witz (1444)

Peinte en 1444 par le Bâlois Konrad Witz, *La pêche miraculeuse* fait partie d'un retable qui ornait le chœur de la cathédrale de Genève jusqu'à sa destruction partielle à l'époque de la Réforme. Conservée aujourd'hui au Musée d'art et d'histoire, cette œuvre synthétisant plusieurs récits évangéliques est connue pour être le premier tableau intégrant une scène biblique dans un paysage se voulant topographiquement exact, en l'occurrence l'extrême occidentale du lac Léman vue de la Rade de Genève.

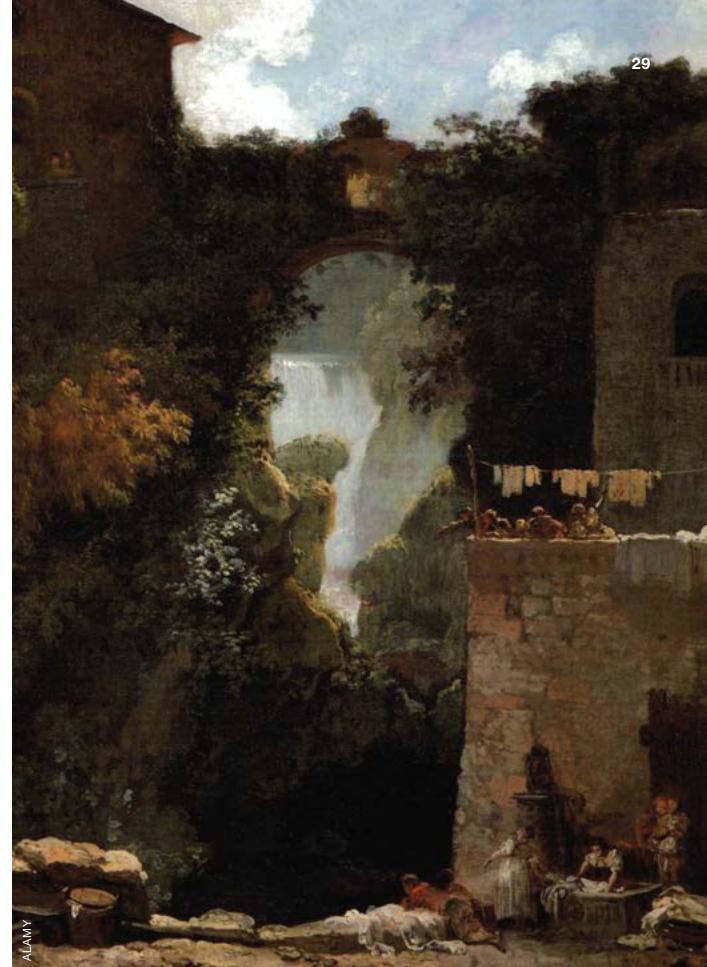
L'eau, comme c'est le cas dans la plupart des œuvres conservées depuis l'Antiquité, sert ici de cadre à la représentation. La surface réfléchissante qu'elle constitue permet à l'artiste d'y disposer aisément ses personnages (le Christ au premier plan, saint Pierre devant lui et les apôtres sur la barque), mais aussi de démontrer son savoir-faire.

Le mouvement est ainsi suggéré par les ondes qui entourent la barque. Les jambes de saint Pierre paraissent déformées sous la surface de l'eau, tandis que les effets de réfraction sont figurés par les ombres des apôtres et des bâtiments. « *Par les difficultés techniques que suppose sa représentation, l'eau est un défi que la nature adresse aux artistes* », explique Jan Blanc, professeur ordinaire au Département d'histoire de l'art et de musicologie (Faculté des lettres). Pour créer l'illusion de la présence de l'eau sur une toile, il faut en effet trouver des moyens spécifiquement picturaux pour faire voir ce qu'elle change dans la forme des corps qui y sont plongés et qui s'y reflètent ou ce que l'air produit à sa surface. Le problème, dans le cas présent, n'est donc pas tant d'obtenir une ressemblance parfaite avec la nature que de renvoyer le spectateur à l'idée, parfois approximative, qu'il se fait des phénomènes optiques. Et Konrad Witz est sans doute l'un des premiers à s'intéresser à cette question, dans le sillage des peintres néerlandais de la Renaissance. »

**«La grande cascade de Tivoli»,
Jean-Honoré Fragonard (1761-1762)**

Perchée sur un éperon rocheux, à une trentaine de kilomètres de Rome, la petite ville de Tivoli est un des hauts lieux de l'histoire de la peinture. Dès le XVI^e siècle, de nombreux artistes tels que Raphaël, Bruegel l'Ancien, Fragonard ou Joseph Vernet ont cherché à immortaliser ses ruines et, surtout, ses cascades vertigineuses.

À défaut d'être totalement fidèle à la réalité, la composition proposée par Fragonard, qui va avoir une influence considérable sur la peinture de paysages en France, s'efforce de magnifier la nature dans toute sa puissance et sa majesté. Au milieu d'une végétation luxuriante, sous une arche qui cadre le regard du spectateur, la cascade est mise en valeur par un subtil jeu de lumière qui permet de rendre le mouvement de l'eau et le fracas provoqué par sa chute sur les rochers en contrebas. «*Ce site était connu pour le bruit assourdissant provoqué par la chute*, précise Jan Blanc. *La grande force de cette œuvre, c'est de jouer avec ce vacarme, en le plaçant à distance, comme un bruit de fond ignoré des lavandières du premier plan qui, elles, oublient la beauté des lieux pour tirer un usage plus pragmatique des eaux de l'Aniene.*»



ALAMY



«Le Christ dans la tempête sur la mer de Galilée», Rembrandt (1633)

Seul tableau du grand maître hollandais situé dans un environnement aquatique, «*Le Christ dans la tempête*» représente une scène biblique décrite dans le Nouveau Testament. Outre le fait que le peintre s'y soit peut-être représenté en compagnie de Jésus et des 12 apôtres (il s'agirait du seul personnage regardant le spectateur), cette œuvre est surtout remarquable par la façon saisissante avec laquelle l'artiste parvient à restituer les mouvements de la houle. Comme toutes les marines produites jusqu'à l'invention de la peinture en tubes, cette toile a pourtant été entièrement réalisée en atelier, à partir des souvenirs visuels du peintre.

«*Le genre de la marine, qui apparaît véritablement dans la seconde partie du XVI^e siècle, est paradoxalement celui qui suppose le plus d'imagination de la part du peintre*, complète Jan Blanc. *Comme il est impossible de faire poser la mer, motif mobile par essence, le peintre doit y faire valoir deux qualités fort prisées dans les Provinces-Unies du XVII^e siècle : la qualité du regard et celle de la mémoire.*»

**«Nature morte au brasero, aux piverts et au baquet d'eau sur une table»
Sébastien Stoskopff (1635)**

C'est avec des artistes tels que Sébastien Stoskopff que l'eau devient un sujet pictural en tant que tel. Spécialiste reconnu du *stilleven* (ce que l'on appellera «nature morte» à la fin du XVIII^e siècle), l'Alsacien place en effet régulièrement dans ses compositions divers récipients emplis d'eau plutôt que de vin ou de bière. «*Contrairement aux étendues plus vastes comme les lacs, les mers, les rivières ou les cascades, l'eau qui repose en petite quantité dans un récipient n'a ni mouvement ni couleur*, explique Jan Blanc. C'est donc un objet à la fois extrêmement banal et particulièrement difficile à représenter.»

Dans le cas de ce tableau, la présence de l'eau est suggérée par les ombres portées à l'intérieur du baquet ainsi que par le subtil floutage des formes du poisson qui y est immergé. L'effet de réel obtenu est d'autant plus impressionnant que l'artiste ne peut se fier qu'à son sens de l'observation, puisque ces effets de réfraction commencent alors tout juste à bénéficier de descriptions précises, chez René Descartes, puis chez Christiaan Huygens.

«*Cette démarche, qui consiste à saisir la structure interne et externe de la matière en se saisissant de la question symbolique ou allégorique comme d'un simple prétexte est loin d'être anecdotique à mes yeux*, poursuit le chercheur. *À mon sens, elle témoigne d'un changement de paradigme qui intervient à cette époque tant dans le monde des arts que dans le domaine des sciences, où l'observation et l'expérimentation empiriques prennent le pas sur des modèles d'explication et de description métaphysiques de la nature.*»

Chez le célèbre théoricien italien Leon Battista Alberti (1404-1472), qui s'exprime dans son «*De pictura*», un tableau doit être comme une fenêtre ouverte sur l'*istoria*, c'est-à-dire sur une fiction, issue de l'esprit du peintre, et qu'il faut représenter selon les règles de la perspective géométrique. Avec le développement des recherches baconniennes et galiléennes, la question n'est plus là pour de nombreux artistes et savants : il s'agit de s'appuyer sur l'observation de la nature pour dégager des lois dont la pertinence peut ensuite être vérifiée par l'expérience. «*Il y a, conclut Jan Blanc, un rapport assez fort entre cette science qui tente de montrer qu'il existe des choses que l'on ne peut pas voir mais dont la réalité peut être démontrée et le développement d'une peinture qui se concentre de plus en plus sur des phénomènes optiques jusque-là mis de côté par les artistes.*»

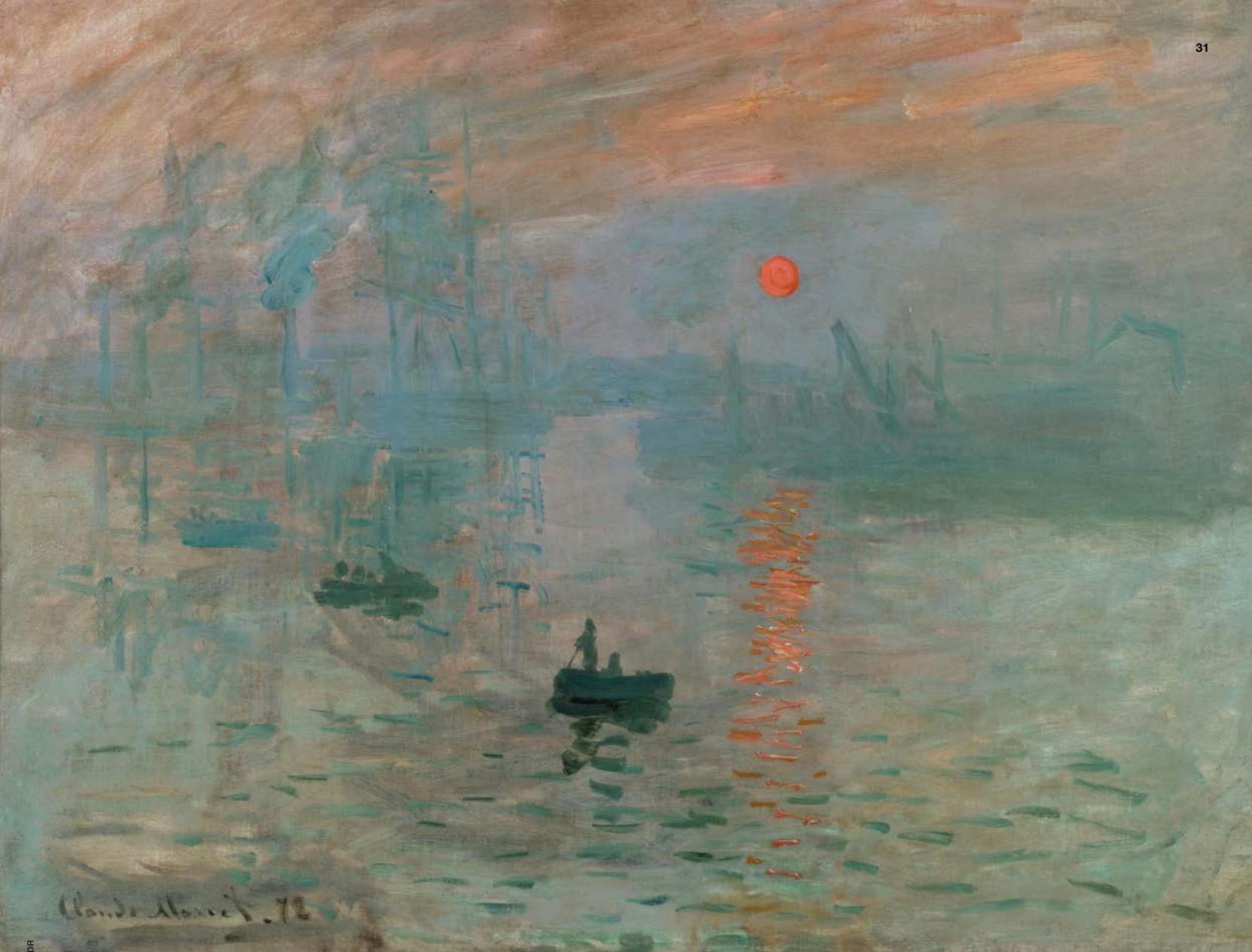


Jan Blanc

Professeur ordinaire d'histoire de l'art de la période moderne et doyen de la Faculté des lettres.

Membre du comité scientifique de la Maison de l'Histoire de l'UNIGE, Jan Blanc est l'auteur de plusieurs ouvrages de référence sur des artistes comme Van Gogh, Vermeer, Léonard de Vinci ou Raphaël.

Il donnera une conférence sur la place de l'eau dans la peinture le samedi 30 mars à Uni Dufour, dans le cadre de l'édition 2019 du Festival Histoire et Cité. <https://histoire-cite.ch/>



«Impression soleil levant»
Claude Monet (1872/1873)

Œuvre mondialement connue pour avoir donné son nom au mouvement impressionniste, *Impression soleil levant* a été réalisée en 1872 ou en 1873 par Claude Monet dans le port de la ville du Havre. Présentée pour la première fois au public le 15 avril 1874 dans l'ancien atelier du photographe Nadar, elle marque une rupture dans l'histoire de la peinture académique et aura une influence considérable sur le développement de l'art moderne.

Avec le développement de la photographie qui s'amorce dans la seconde partie du XIX^e siècle, la peinture perd en effet ce qui avait été jusque-là une de ses fonctions premières, à savoir la représentation aussi fidèle et objective que possible de la réalité. Les impressionnistes comme Monet, Renoir, Pissarro, Sisley, Cézanne ou Degas y voient l'occasion d'explorer de nouveaux territoires artistiques en privilégiant non plus la description de la nature mais les sensations que celle-ci suscite chez l'artiste.

Ce virage se traduit non seulement par une évolution radicale des techniques (traits de pinceau visibles, compositions

ouvertes, utilisation d'angles de vue inhabituels) mais également par le choix de sujets puisés dans la nature et la vie quotidienne, et souvent dénués de références mythologiques ou religieuses. «*L'ambition de ces peintres n'est pas de rendre compte de la nature telle qu'elle est (pour autant que cela soit possible), mais des effets éphémères qu'elle provoque sur le regard de celui qui la contemple*, commente Jan Blanc. *Par sa mobilité même, l'eau devient, en un certain sens, un emblème de cette modernité, tant artistique que poétique où la sensation subjective est centrale.*»

Choisir comme sujet un port industriel comme le fait Monet avec *Impression soleil levant* permet tout d'abord d'affirmer sa différence avec les paysagistes qui travaillent en atelier, ou qui peignent des sites connus pour leur beauté sauvage et naturelle. De la même façon, donner à voir des canotiers ou des baigneuses dénudées renvoie à cette autre forme de progrès que constituent alors, pour les couches les plus aisées de la population, les loisirs liés aux plaisirs de l'eau. Mais si l'eau a tant passionné les impressionnistes, c'est surtout parce qu'elle constitue un formidable terrain d'expérimentation. Une surface sur laquelle les reflets brouillent le réel, autorisant l'usage de formes et de couleurs inédites jusque-là.

LIMNOLOGIE

LES SECRETS DE «LA LICORNE»

L'UNIVERSITÉ POSSÈDE UN BATEAU SCIENTIFIQUE, «LA LICORNE». GÉRÉ DEPUIS BIENTÔT 40 ANS PAR LE DÉPARTEMENT F.-A. FOREL, LE NAVIRE A PERMIS DES DÉCOUVERTES IMPORTANTES SUR LE LÉMAN DONT CELLE DU TSUNAMI DE 563.

Cela fait bientôt quarante ans que *La Licorne* croise sur le Léman. Habillé de neuf et enfin orné de son nom après un passage par le chantier naval de Mies pour y recevoir un coup de pinceau bienvenu, le bateau du Département F.-A. Forel des sciences de l'environnement et de l'eau a repris sa place à Port Choiseul et attend sa prochaine mission scientifique. Car si, contrairement à son homonyme imaginé par Hergé, il ne recèle lui-même aucun secret, il contribue à révéler ceux du lac.

C'est en effet en réalisant des mesures depuis son bord que Stéphanie Girardclos et Katrina Kremer, toutes deux géologues au Département des sciences de la Terre (Faculté des sciences) ont découvert en 2010 une anomalie dans les couches sédimentaires du Léman dont il s'est avéré qu'il s'agissait d'un véritable trésor: les dépôts laissés par le raz-de-marée légendaire du Tauredunum survenu en l'an 563 (*lire ci-contre*).

C'est également *La Licorne* qui est régulièrement mise à contribution pour étudier la baie de Vidy, un site unique au monde de par sa morphologie et ses courants pie-geant les polluants, pour l'étude de la contamination des sédiments et de l'environnement par les rejets d'une station d'épuration d'une ville comme Lausanne.

Et c'est encore elle qui a permis de réaliser en 2014, sur mandat de l'État de Vaud, une bathymétrie complète du lac, une opération peu banale puisque la seule fois que la profondeur du Léman a été ainsi mesurée systématiquement remonte à la fin des années 1880.

Fil à plomb «À cette époque, les relevés étaient obtenus à l'aide d'un fil à plomb et de géomètres placés sur les rives pour noter la position du bateau, explique Jean-Luc Loizeau, maître

d'enseignement et de recherche au Département F.-A. Forel et l'une des quatre personnes de l'institution à détenir un permis de navigation pour piloter *La Licorne*. *Philippe Gosset et Jakob Hörlimann, pour la partie suisse, et André Delebecque, pour la française, ont réalisé de cette manière près de 12 000 sondages qui ont permis de dresser la carte hydrographique de l'Atlas Siegfried – l'atlas topographique officiel de la Suisse, terminé en 1926 – avec des courbes équidistantes de 10 mètres.*»

Depuis *La Licorne*, les mesures ont été effectuées à l'aide d'un appareil de pointe autrement plus performant: un sonar multifaisceau qui balaie une grande surface durant chaque transect et est ainsi à même de fournir, en quelques mois, des données pour l'ensemble du fond lacustre.

Les résultats des deux campagnes ont pu être comparés. Le point le plus profond a ainsi subi une remontée de 86 centimètres pour se fixer à 308,99 mètres. Mais parmi la foule de découvertes moins anecdotiques que la bathymétrie a permises, il en est une qui a surpris Jean-Luc Loizeau. Dans une zone juste au nord de l'embouchure du Rhône, qui correspond encore

au front du delta, la carte montre que des sédiments se seraient accumulés sur une épaisseur de près de 50 mètres en seulement 125 ans. C'est-à-dire presque 40 centimètres par an en moyenne. Ce qui est énorme.

Le chercheur, qui dirige actuellement avec Stéphanie Girardclos une thèse visant à comprendre la dynamique des sédiments dans le delta du Rhône, n'y a pas cru tout de suite. Mais un forage récent a rapidement confirmé l'hypothèse d'une sédimentation rapide qui semble se poursuivre. Dans la mesure où ces dépôts sont accrochés à un terrain en forte pente, leur stabilité est évidemment questionnable. D'autres études sont néanmoins nécessaires pour



Jean-Luc Loizeau

Maître d'enseignement et de recherche au Département F.-A. Forel des sciences de l'environnement et de l'eau

1991 Termine sa thèse à l'UNIGE.

1991-1992 Post-doc à la Smithsonian Institution à Washington D.C.

1999 Nommé maître d'enseignement et de recherche à l'UNIGE.

Ses recherches visent à retracer l'histoire récente de la contamination de l'environnement par l'étude des sédiments lacustres.



JEAN-LUC LOIZEAU

«TAUREDUNUM 563», QUAND LE LÉMAN SORT DE SES RIVES

Le placide Léman connaît régulièrement de grosses colères, en général énervé par une forte bise. Mais aucune n'égale en puissance dévastatrice celle de 563. En un jour funeste de cette année-là, à en croire les chroniques médiévales de Marius d'Avenches et de Grégoire de Tours, deux évêques du VI^e siècle, le lac, «sortant de ses deux rives», «détruisit des villages très anciens» et «emporta dans sa violence le pont de Genève, les moulins et les hommes et, entrant dans la cité de Genève, il tua beaucoup d'hommes». La cause de ce cataclysme serait une montagne, désignée comme le Tauredunum, qui se serait écroulée quelque part dans la vallée du Rhône (entre Martigny et le delta), après avoir «fait entendre pendant plus de soixante jours une espèce de mugissement». L'éboulement aurait provoqué, d'une façon ou d'une autre, un raz-de-marée destructeur sur le lac. Faute de

restes archéologiques et de données géologiques permettant de corroborer la catastrophe, cette histoire est restée une énigme durant 1500 ans. Comme le détaille un ouvrage récent, *Un Tsunami sur le Léman, Tauredunum 563*, le mystère s'est subitement éclairci en 2010, lorsque Stéphanie Girardclos et Katrina Kremer, toutes deux géologues au Département des sciences de la Terre (Faculté des sciences), ont vu apparaître sur l'écran de leur ordinateur les résultats obtenus à l'aide de leur échosondeur. Visionnant la reconstitution par cet appareil des sédiments au fond du lac, elles observent alors une couche anormalement épaisse. Après analyse, il se trouve que cette strate remonte à l'époque du fameux tsunami et qu'elle renferme deux fois plus de sédiments – déposés en quelques heures – que la couche qui s'est formée au-dessus au cours du millénaire

et demi qui a suivi. Il ne fait aucun doute que les chercheuses sont en présence d'un événement d'une ampleur peu fréquente. Les résultats et les modélisations sont publiés dans la revue *Nature Geoscience* du mois de novembre 2012 et les auteures font le lien avec l'épisode du Tauredunum. Les modèles confirment la formation d'un tsunami avec une vague de plusieurs mètres de haut. Selon le dernier scénario en date, rapporté dans le livre, la catastrophe commencerait avec le détachement de la partie sommitale de la Suche, une montagne qui surplombe le delta du Rhône, et son écroulement dans la plaine. Cette dernière se plisse et l'onde de choc se transmet aux sédiments du lac, provoquant une avalanche sous-lacustre. Pas moins de 250 millions de mètres cubes de matière se détachent du front du delta. Ce déplacement massif de sédiments provoque l'apparition d'énormes vagues

dont la plus haute atteint 13 mètres à Lausanne, détruisant toutes les infrastructures situées sur les rives. Quelque 70 minutes après l'écroulement, une vague de 8 mètres de haut frappe et dépasse les premiers murs de la cité burgonde de Genève.



Un tsunami sur le Léman, Tauredunum 563

Par Pierre-Yves Frei et Sandra Marongiu, PPUR, 2018, 180 p.

évaluer les risques d'éboulements sous-lacustres comparables à ceux qui ont provoqué le tsunami d'il y a 1500 ans.

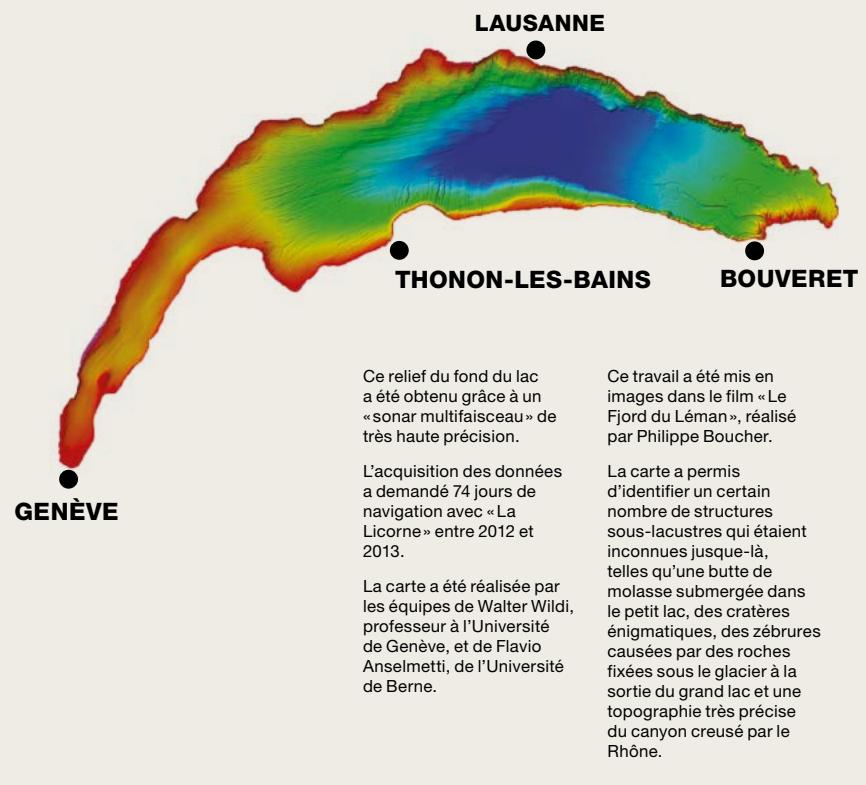
Une bonne machine « Pour la réalisation de ces projets et de bien d'autres, La Licorne représente un précieux outil à disposition des scientifiques, explique Jean-Luc Loizeau. Précieux et fiable. Il a été construit aux Pays-Bas et était, paraît-il, destiné aux gardes-côtes portugais. C'est finalement le professeur Jean-Pierre Vernet, le fondateur de l'Institut F.-A. Forel, qui l'a acheté pour 250 000 francs en 1980 afin de remplacer l'ancien bateau, devenu trop petit. Et depuis, il n'a jamais eu une seule avarie. C'est une bonne machine. »

Avec ses 13 mètres de long, le navire peut transporter jusqu'à 12 personnes et, surtout, embarquer tout le matériel scientifique nécessaire, comme des carottiers, des bouteilles de prélèvement, des sonars, etc. Il possède également une grue pouvant soulever jusqu'à 500 kilos. La flotte de l'Université compte d'ailleurs un second bateau, beaucoup plus petit et naviguant peu. Avec son fond plat, il est notamment utilisé pour les recherches archéologiques dans la Rade de Genève.

« Il n'y a pas de budget spécifique alloué à La Licorne, précise Jean-Luc Loizeau. Son entretien est payé par les projets de recherche qui utilisent le navire et qui intègrent dans leur financement une certaine somme par jour d'exploitation. Et quand des travaux plus importants s'imposent, comme la rénovation complète du système hydraulique et des réservoirs qui a été effectuée il y a 4 ans, nous demandons le soutien de la Section. »

L'utilisation du bateau varie beaucoup d'une année à l'autre. Pour 2019, il est déjà réservé pour deux projets (l'un concernant le mercure dans le lac, l'autre le phytoplancton). Par ailleurs, *La Licorne*, qui peut être louée pour 1300 francs par jour en dehors de toute collaboration scientifique, s'ouvre au public lors de chaque *Nuit de la Science* dont la prochaine édition aura lieu à l'été 2020 à Genève.

CARTE BATHYMETRIQUE DU LAC LÉMAN



UN LABORATOIRE FLOTTANT AU CHEVET DU LÉMAN

Depuis mi-février, LéXPLORÉ, la station de recherche flottante la plus moderne au monde aménagée sur un lac, est ancrée au large de Pully. Créé par Bastiaan Ibelings, professeur au Département F.-A. Forel des sciences de l'environnement et de l'eau (Faculté des sciences) et ses collègues de l'Université de Lausanne, de l'École polytechnique fédérale de Lausanne et de l'Eawag (Institut fédéral des sciences et technologies de l'eau),

ce laboratoire monté sur une plateforme de 100 m² est à l'affût des moindres changements touchant les eaux, la faune et la flore du lac. Les appareils montés à bord (une station météorologique pour enregistrer les températures et les vents, des détecteurs de vitesse d'écoulement, de lumière, de turbulences, d'oxygène, de dioxyde de carbone, d'algues et de toutes sortes de substances naturelles et artificielles) sont conçus pour enregistrer toutes les

modifications horaires et saisonnières jusqu'en 2026. L'idée consiste à suivre au plus près l'état de santé d'un lac qui joue un rôle très important aussi bien pour l'être humain que pour la nature mais qui représente aujourd'hui un écosystème mis sous pression. En dehors des changements d'occupation des sols et des rejets de substances nutritives et polluantes, les changements climatiques exercent un impact non négligeable.

Le réchauffement continu de l'eau augmente la stratification des lacs et modifie la composition du plancton. En particulier, certaines algues bleues (cyanobactéries) prolifèrent et compromettent la pêche et l'approvisionnement en eau potable. Les résultats seront partagés au fur et à mesure avec tous les utilisateurs du lac, des pêcheurs professionnels aux défenseurs de la nature, en passant par les plaisanciers.

Déchets plastiques sortis du lac à Ouchy au cours d'une opération de nettoyage en 2018 organisée par l'Association pour la sauvegarde du Léman (ASL).

Selon une étude commandée par l'ASL, 50 tonnes de matières plastiques finissent dans le lac et seuls 10% de déchets plastiques sont évacués par le Rhône.

Le plastique durcit et se fragilise avec le temps. Il se dégrade progressivement et produit des micro puis des nanoplastiques qui infestent les eaux, les organismes et l'écosystème.

Les particules ayant une taille supérieure à 5 millimètres sont appelées macroplastiques. Celles dont la taille est inférieure à cette valeur sont considérées comme des microplastiques. Et celles dont la taille est inférieure à 10 microns (millièmes de mm) entrent dans la catégorie des nanoplastiques.



ASSOCIATION POUR LA SAUVEGARDE DU LÉMAN

NANOPLASTIQUES EN EAUX DOUCES

Ils sont tellement petits qu'ils sont très difficiles à détecter mais il ne fait aucun doute que des nanoplastiques infestent le Léman. La mauvaise nouvelle, c'est la menace que font planer ces particules d'origine industrielle de moins d'une centaine voire d'une dizaine de millionièmes de millimètre sur la santé et les écosystèmes. La bonne – toute relative cependant – est qu'en présence de matières organiques et inorganiques que l'on trouve naturellement dans les lacs et les cours d'eau (composés fulviques, oxydes de fer, polysaccharides) et de différents ions (calcium et magnésium), ces nanoplastiques ont tendance à s'agréger pour former des structures plus grosses qui ont un peu plus de chances de tomber au fond et d'être piégées dans les sédiments que d'être diffusées dans la nature.

Contribution remarquée C'est ce qu'ont pu constater Serge Stoll et Olena Oriekhova, respectivement maître d'enseignement et de recherche et doctorante au Département F.-A. Forel des sciences de l'environnement et de l'eau (Faculté des sciences), grâce à des expériences menées en laboratoire. Les chercheurs ont étudié les mécanismes physico-chimiques influençant le destin de nanoparticules de polystyrène dans des eaux de différentes qualités. Leur article, qui est un des premiers à s'intéresser à ce phénomène dans un milieu d'eau douce, est paru dans l'édition d'*Environmental Science Nano* du mois de mars 2018. Cette revue de référence a d'ailleurs retenu le papier des chercheurs genevois parmi les dix contributions intégrées à sa promotion. Chaque année, quelque 50 tonnes de matière plastique finissent dans le lac, selon une étude

récente commandée par l'Association pour la sauvegarde du Léman. Par conséquent, le produit de leur dégradation s'y accumule à son tour. Ce n'est qu'une question de temps avant que, sous l'effet du rayonnement ultraviolet, des processus d'oxydation, de la température ou encore du brassage, les débris se cassent en microplastiques de quelques micromètres puis en nanoplastiques. La nocivité de ces derniers provient surtout de leur extrême petite taille qui leur permet d'être facilement absorbés par les organismes et de s'accumuler tout au long de la chaîne alimentaire.

Surface réactive Ces particules possèdent également une surface très réactive, notamment en raison de leur charge électrique, ce qui leur permet d'interagir fortement avec leur environnement. Cependant, en s'agrégeant avec d'autres composés, la quantité de charges se modifie et finit par neutraliser la réactivité chimique des particules.

Les additifs qui accompagnent souvent les plastiques, pour les rendre plus souples, par exemple, représentent eux aussi un danger potentiel. Ces substances se retrouvent dans les ultimes déchets des polymères ou finissent par former à leur tour des nanoparticules.

«Nous avons travaillé avec du polystyrène nano et à des doses relativement élevées qui ne se rencontrent pas dans la nature, précise Serge Stoll. Notre but est avant tout de comprendre les mécanismes et d'identifier les paramètres importants qui gouvernent le transport de ces nanoplastiques et leur élimination à travers l'agrégation. Nous étudions une composante nouvelle de l'environnement que l'homme a introduite et dont il faut désormais tenir compte.»

SANTÉ

AU XVIII^e SIÈCLE, ON PRISE LES EAUX QUI DÉMANGENT

AU SIÈCLE DES LUMIÈRES, **LES CURES THERMALES** SONT CONSIDÉRÉES COMME UN TRAITEMENT MÉDICAL SÉRIEUX COMPORTANT DE PUISSANTES VERTUS MAIS AUSSI DES RISQUES NON NÉGLIGEABLES.



Philip Rieder

Maître d'enseignement et de recherche à l'Institut Éthique Histoire Humanités (Faculté de médecine)

Parcours: Thèse en histoire sur la figure du patient au XVIII^e siècle

Maître-assistant à l'Institut d'histoire de la médecine puis chargé de cours au Département d'histoire de l'Université de Genève.

Auteur de publications sur différents thèmes de l'histoire de la santé, des pratiques médicales, de l'économie médicale, des professions médicales, de l'éthique médicale et de la thérapeutique.

Au cours de l'été 1777, Isabelle de Charrière s'en va suivre, sur prescription médicale, une cure à Loèche-les-Bains. Femme de lettres d'origine néerlandaise, elle s'est mariée deux ans auparavant et s'est installée à Colombier (Neuchâtel). Elle prend les eaux dans l'espoir de soigner son incapacité d'avoir des enfants et tire de l'expérience un bilan en demi-teinte qu'elle rapporte dans une lettre: «*Je n'ai presque pas dormi en Valais, j'y ai été extrêmement purgée par les eaux et les bains m'ont donné une horrible poussée c'est-à-dire une espèce d'herpès par tout le corps: c'est bien ce qu'on va y chercher mais on en soufre beaucoup, et le voyage qui a suivi cette cure à travers du pays le plus chaud que je connois et le plus rempli d'insectes ne m'a guère moins fatigué que la cure elle-même [...].*»

L'idée que toutes les eaux ne se valent pas, qu'elles soient intimement associées à des lieux et qu'elles soient à même d'influencer la santé n'est pas nouvelle. Elle remonte au moins à l'Antiquité. Avant la chimie moderne, l'analyse se fait essentiellement par les sens: l'apparence et le goût. Les eaux deviennent, selon les cas, plus ou moins ferrugineuses, sulfureuses ou encore carboniques et se voient attribuer des vertus thérapeutiques plus spécifiques. La connaissance s'étoffe davantage au XVII^e siècle avec le développement de la chimie, qui permet d'analyser avec plus de précision les compositions minérales et d'en tirer de nouveaux enseignements.

«*Résultat: au XVIII^e siècle, les eaux représentent une véritable thérapie*», souligne Philip Rieder, maître d'enseignement et de recherche à l'Institut Éthique Histoire Humanités (Faculté de médecine) et auteur notamment de *La figure du patient au XVIII^e siècle* (Droz, 2010). *On a tendance à l'oublier car aujourd'hui le thermalisme est vu comme une mode en*

marge de la médecine qui s'apparente davantage à la relaxation ou à des vacances. Cependant, à l'époque, un bain à la maison ou dans un centre de cure représentait un acte médical sérieux, comprenant des avantages mais aussi des risques.»

Une purge de bon aloi De ce point de vue, le séjour d'Isabelle de Charrière dans la station thermale valaisanne peut être considéré comme un succès. Non pas qu'elle serait tombée enceinte par la suite – elle n'aura jamais d'enfants – mais parce que la cure a provoqué une réaction de son corps, à savoir une purge et le développement de plaques rouges sur la peau.

«À L'ÉPOQUE, UN BAIN À LA MAISON OU DANS UN CENTRE DE CURE REPRÉSENTAIT UN ACTE MÉDICAL SÉRIEUX, COMPRENANT DES AVANTAGES MAIS AUSSI DES RISQUES.»

Comme elle l'affirme elle-même, ce sont des phénomènes attendus. Les eaux de Loèche-les-Bains sont même spécialement réputées pour l'apparition de démangeaisons de peau. La médecine actuelle suspecterait une propreté douteuse de l'eau d'en être la cause mais à cette époque, qui ignore encore l'existence des microbes, on a tendance à favoriser ce genre de réaction.

«*La théorie médicale d'alors est basée sur les humeurs*, précise Philip Rieder. *Le modèle physiologique en compte quatre: le sang, le flegme (une humeur*

humide et froide, partie intégrante du sang, et que l'on crache), la bile jaune (la bile) et la bile noire (la mélancolie). Tout ce qui incite à transpirer, suinter ou à saigner est vu comme plutôt positif, dans la mesure où l'écoulement n'est pas excessif.»

Dans cette logique hydraulique de la physiologie, l'eau trouve une place toute naturelle en tant que remède. D'ailleurs, Isabelle de Charrière, dont la santé est souvent chancelante, est une habituée des soins aquatiques. En 1768, alors qu'elle a 28 ans et souffre de «vapeurs», elle tente déjà une thérapie par l'eau. «*Je me plonge tous les jours dans une cuve d'eau froide, on m'en jette d'abord un pot tout plein sur la tête j'entre dans la cuve je m'assois je me tourne et pendant que [je] suis à genoux le même pot se répand encore sur mon dos, j'enfonce ma tête je me relève et je sors*», écrit-elle dans une lettre à son frère. Quelques années plus tard, atteinte de migraines, elle prend des bains domestiques sur ordonnance du médecin.

*L'érésipèle, selon une définition de 1787, est une maladie qui vient sur la peau, causée par des sérosités acries, d'où il naît une inflammation ardente. Aujourd'hui, elle désigne une affection dermatologique provoquée par une infection bactérienne, plus particulièrement par des streptocoques.

LES EAUX FACTICES DE GOSSE, SCHWEPPPE ET PAUL

En 1790, le pharmacien Henri-Albert Gosse, le mécanicien Nicolas Paul et le bijoutier Jacob Schweppe fondent à Genève une fabrique d'eau minérale artificielle. L'innovation majeure de l'entreprise vient de Nicolas Paul qui parvient à mettre au point une machine capable de comprimer l'air et de l'insuffler dans une bouteille afin d'obtenir une eau gazeuse. Pour que le flacon résiste à la pression, on lui donne une forme ovoïde allongée, au fond arrondi qui l'empêche de tenir debout (*voir image ci-dessous*). Ainsi, le liège, toujours humide, ne laisse pas le gaz s'échapper.

L'engouement pour les eaux médicinales est grand à la fin du XVIII^e siècle mais les séjours aux bains n'ont lieu qu'en été. Le reste de l'année, on importe le précieux liquide dans des bouteilles en verre depuis son lieu d'origine –

directement l'air dans la bouteille. De plus, grâce aux talents d'apothicaire et de chimiste d'Henri-Albert Gosse, la qualité de l'eau minérale genevoise dépasse largement celle de ses concurrentes. L'une des raisons est que le produit est basé non pas sur une eau naturelle de la région, dont la composition minérale pourrait varier en fonction des saisons et des conditions climatiques, mais sur une eau distillée, « parfaitement pure », à laquelle on ajoute les minéraux de manière contrôlée.

Mauvaise entente Cette technique permet à la société genevoise de vendre, selon une publicité parue dans le *Journal de Genève*, des eaux de Seltz, de Spa, de Pyrmont, de Bussang, de Courmayeur, de Vals, de Seidschutz, de Sedlitz, de Balaruc, de Passy et de bien d'autres.

Une bouteille «torpedo» du XVII^e siècle, telle qu'en utilisaient Henri-Albert Gosse, Nicolas Paul et Jacob Schweppe pour contenir une eau minérale gazeuse de leur propre fabrication.

Les eaux minérales «factices», moins chères que celles expédiées directement des centres thermaux parfois lointains, permettaient alors d'offrir des soins à une plus grande population de patients.



un paramètre essentiel à l'époque du point de vue thérapeutique. Le coût du transport et le risque élevé de casser les récipients en font un traitement en ambulatoire très onéreux.

Odeur de soufre C'est pour contourner ce problème que l'on commence à fabriquer des eaux artificielles. Grâce aux progrès de la chimie, on connaît la composition minérale des différents liquides et on essaie de les imiter en ajoutant les ingrédients à des eaux locales. Pour imiter l'eau de Seltz, qui est naturellement gazeuse et très prisée pour cela, on utilise un procédé chimique qui a le désavantage de laisser une odeur de soufre désagréable. Les trois Genevois règlent ce problème grâce à la machine de Nicolas Paul qui comprime

l'entreprise ne dure malheureusement pas longtemps, l'entente entre les trois compères n'étant pas idéale. En 1792, tout est déjà fini. Nicolas Paul s'installe à Paris et Jacob Schweppe se rend à Londres pour d'autres aventures industrielles. Il revient à Genève vers 1802 après avoir cédé les trois quarts de son capital à des industriels anglais. Ces derniers continuent à développer ses produits, lesquels prennent le nom de Schweppe en 1797.

Les trois hommes continuent toutefois leurs activités dans les eaux factices qui représentent un marché important. La Société royale de médecine à Paris recense à la fin du XVIII^e siècle en effet plus de 280 sources d'eaux médicinales en Europe.

CHAMPEL-LES-BAINS



Genève

GRAND ETABLISSEMENT
HYDROTHERAPIQUE

HOTELS DE 1^{ER} ORDRE

BEAU-SEJOUR ET ROSERAIE



Cures négociées «*Il n'existe pas une théorie simple et reconnue expliquant l'effet de l'eau sur le corps*, note Philip Rieder. *Des ouvrages recensent les différents types de cures réalisées dans les villes d'eau ainsi que les maladies qui y ont été traitées. C'est sur la base de ces livres, ainsi que sur celle d'une connaissance intime du patient que chaque médecin choisit le centre le plus adapté.*»

Cela donne parfois lieu à des négociations entre le praticien et le patient. Ainsi, en apprenant que son médecin décide de l'envoyer à Loèche, Isabelle de Charrière est dévastée. Elle aurait en effet préféré aller à Aix, la station la plus courue de la région, plutôt que d'être confrontée aux mauvaises routes et aux auberges rustiques du Valais qui s'apparentent à ses yeux à une punition. Elle finira néanmoins par se ranger aux arguments de son médecin – cela dit, dès l'été suivant, et malgré les «résultats encourageants» obtenus à Loèche, elle trouve refuge aux eaux de Plombières dans les Vosges. Les cures d'eau ne sont pas considérées comme un traitement anodin. Elles sont souvent prescrites quand les remèdes classiques ne donnent plus de résultats. On estime qu'un tel traitement est en effet suffisamment violent pour débloquer une situation médicale enlisée. Les risques sont d'ailleurs à la hauteur des attentes.

Horace-Bénédict de Saussure (1740-1799) en fait l'expérience. Souffrant d'un problème récurrent de paralysie, le savant genevois a l'habitude de se soigner en allant aux bains. Un jour, pourtant, aux thermes de Bourbon, en Auvergne, alors qu'il prend une douche chaude, il subit une attaque qui paralyse son bras et sa jambe gauche. Sans établir explicitement un lien de cause à effet, il constate la simultanéité des événements. L'épisode renforce l'idée que les bains peuvent avoir des conséquences graves.

Entreprise commerciale Au cours du XIX^e siècle, l'image des cures d'eau se modifie. Le thermalisme devient une entreprise de plus en plus commerciale. Les centres thermaux se multiplient (notamment autour du Léman avec Évian et Thonon) et la pratique est de plus en plus associée au loisir et au bien-être.

Genève voit apparaître son propre lieu de soins, Champel-les-Bains. C'est l'avocat et promoteur genevois David Moriaud qui décide d'utiliser les eaux de l'Arve à des fins thérapeutiques. Il érige un grand établissement hydro-thérapeutique au pied de la falaise et crée en 1874 la Société hydrothérapeutique de Champel-sur-Arve.

La maison de maître du XVIII^e siècle située sur le terrain devient l'hôtel Beau-Séjour qui, durant un demi-siècle, accueille une clientèle plutôt aisée. On construit aussi la pension de la Roseraie pour les hôtes plus modestes ainsi que divers pavillons entourés par des jardins dont il reste encore quelques exemplaires aujourd'hui. La fausse tour médiévale qui domine l'Arve à cet endroit est construite à cette époque pour offrir un lieu de promenade aux curistes.

Les traitements (douches chaudes ou froides, fumigations et bains) sont placés sous le contrôle du docteur Paul Glatz. Mais l'établissement précise que les clients ne sont pas obligés de passer par les mains du praticien pour profiter de l'endroit. La cure cède petit à petit du terrain face au loisir. Champel-les-Bains offre en effet la possibilité d'assister à des concerts en plein air et à du théâtre, de pratiquer la gymnastique et le tennis.

Après deux guerres mondiales et une raréfaction de la clientèle, le palace de Beau-Séjour est rasé en 1957 et remplacé par l'hôpital actuel du même nom.

ET LES GENEVOIS POMPÈRENT, POMPÈRENT...

Genève étant construite sur une colline, l'acheminement de l'eau potable y a toujours représenté une difficulté. Il existe bien quelques sources mais elles sont toutes situées en bas de la ville. Il fallait donc recourir à des porteurs d'eau et des citernes.

En 1710, Genève demande à l'architecte français Joseph Abeille de construire une machine hydraulique sur le fil du Rhône, à la hauteur du pont de Bel-Air. L'installation pompe de l'eau directement dans la haute ville pour remplir des citernes qui

alimentent les fontaines de la cité. En 1820, on construit une nouvelle usine de pompage sur le pont de la Machine qui est régulièrement agrandie pour répondre à la demande d'une ville en croissance. Dans les années 1870-1880, plusieurs épidémies de choléra et de fièvre typhoïde se déclarent à Genève. La cause? Les nouveaux quartiers des Pâquis et des Eaux-Vives, ne disposant pas d'égout collecteur, rejettent leurs eaux usées directement dans le petit lac, en amont de la prise d'eau de la machine hydraulique.

Mais personne, à cette époque, ne fait le lien. En mars 1884, une nouvelle épidémie cause la mort de 65 personnes. Le débat dans les journaux s'envenime, on exige la démission des autorités, on propose de construire un aqueduc pour acheminer vers Genève de l'eau propre depuis le Jura (les Romains l'avaient fait mais depuis les Voirons). Les politiques décident enfin de prolonger la prise d'eau afin de capter le liquide en amont du petit port ainsi que de construire un collecteur pour les égouts.

L'usine des Forces Motrices, dont le bâtiment est depuis devenu une salle de spectacle, est mise en service en 1886. Elle permet à Genève d'entrer dans l'ère industrielle. L'installation fournit de l'eau potable à toute la ville et, surtout, de l'eau sous pression permettant de distribuer de l'énergie aux entreprises qui en ont besoin. Le surplus d'énergie est évacué sous la forme d'un jet d'eau (de 30 mètres de hauteur au début) qui deviendra l'emblème de Genève et sera déplacé dans la Rade quelques années plus tard.



« LE CŒLACANTHE ÉVOLUE MAIS LENTEMENT »

LIONEL CAVIN,
CONSERVATEUR AU
DÉPARTEMENT DE GÉOLOGIE
ET PALÉONTOLOGIE DU
MUSÉUM D'HISTOIRE
NATURELLE DE LA VILLE
DE GENÈVE, PUBLIE
UN OUVRAGE DÉDIÉ À
UN POISSON QUI A LA
PARTICULARITÉ DE S'ÊTRE
FAIT CONNAÎTRE SOUS LA
FORME D'UN FOSSILE UN
SIÈCLE AVANT QU'ON EN
PÊCHE UN SPÉCIMEN VIVANT.
EXPLICATIONS.

Campus : L'histoire du cœlacanthe, telle que vous la racontez dans votre livre, est remplie de passions. Il se trouve que la Suisse n'en est pas totalement absente. Elle est même impliquée dans la première découverte...

Lionel Cavin : C'est en effet Louis Agassiz (1807-1873) qui décrit le premier fossile de cœlacanthe en 1839. Alors installé à Neuchâtel, le naturaliste suisse a en effet la chance d'étudier cette pièce qui a été trouvée quelques années auparavant en Angleterre dans des roches datant de la période du Permien supérieur (dont on sait maintenant qu'elles sont âgées de 265 millions d'années). Il donne à ce nouveau genre le nom de cœlacanthe qui veut dire en grec « épine creuse », en raison d'une caractéristique de certains de ses os. Pour la petite histoire, Louis Agassiz est un savant brillant, à la carrière illustre, mais qui s'est également fait connaître, surtout durant la seconde moitié de sa vie qu'il passe aux États-Unis, pour son racisme scientifique assez extrême. Une position qui a des répercussions jusqu'à aujourd'hui puisqu'il est régulièrement question de débaptiser certains lieux nommés en son honneur en Suisse comme aux États-Unis.

Que contient sa description du cœlacanthe ?

La notice de Louis Agassiz est très précise. Elle est accompagnée d'une très belle illustration réalisée par Hercule Nicolet, qui dirige alors un atelier de lithogravure à Neuchâtel. Dans sa description, le naturaliste souligne déjà une particularité « vraiment exceptionnelle » du poisson, c'est-à-dire un « prolongement de la queue au-delà de ses rayons ». Ce petit lobe caudal, si caractéristique du cœlacanthe, est conservé à travers les centaines de millions d'années. Il permettra d'identifier la plupart des autres fossiles tout comme les individus vivants faisant partie de la même famille.

À quoi d'autre reconnaît-on un cœlacanthe ?

À quelques exceptions près, tous les cœlacanthes possèdent six nageoires lobées, une unique nageoire rayonnée, le petit lobe au bout de la queue que je viens d'évoquer, un crâne articulé et une mandibule caractéristique. La forme générale est relativement stable. On la retrouve

aussi bien chez les espèces actuelles que dans les plus anciens fossiles qui datent de la période du Dévonien inférieur, il y a plus de 400 millions d'années, juste avant que les premiers poissons sortent de l'eau pour donner naissance aux amphibiens et aux reptiles.

Est-il dès lors légitime de parler de fossile vivant ?

C'est un débat virulent et interminable parmi les scientifiques. L'expression de « fossile vivant » est un oxymore utilisé par le naturaliste britannique Charles Darwin (1809-1882) lui-même. Certains biologistes aimeraient cependant qu'on l'abandonne totalement. Pour eux, cette appellation est trompeuse. Elle est surtout récupérée par des mouvements religieux comme les créationnistes qui l'utilisent comme un argument – fallacieux – contre la théorie de l'évolution. En réalité, ces animaux évoluent, comme tous les autres. Si leur forme est relativement conservée avec le temps, leur taille a beaucoup varié, allant d'une dizaine de centimètres jusqu'à plus de 6 mètres. Autre témoignage de l'évolution, les poissons actuels possèdent une relique de poumon munie de petites plaques calcifiées qui devaient agir comme un soufflet. Cet organe était probablement opérationnel chez les espèces ancestrales, notamment chez celles qui vivaient dans de l'eau douce où le fait de pouvoir respirer directement de l'air pouvait s'avérer utile. En d'autres termes, les cœlacanthes se sont sans cesse adaptés à des conditions environnementales différentes. À mon avis, on peut continuer à utiliser l'expression de « fossile vivant » car elle est très vendue mais il faut le faire avec prudence, en précisant systématiquement que le cœlacanthe n'échappe pas à l'évolution.

Donc il évolue mais très lentement...

Il faut admettre que le cœlacanthe évolue plus lentement que la plupart des autres animaux. Nous connaissons à ce jour une centaine d'espèces de cœlacanthes regroupées dans une cinquantaine de genres. Pour 420 millions d'années d'existence, ce n'est pas beaucoup. Les dinosaures, qui ont vécu deux fois moins de temps, comptabilisent déjà dix fois plus de genres. Des chercheurs



Cœlacanthe
Un poisson énigmatique

Par Lionel Cauvin, Éd.
Le Cavalier Bleu, 2019,
174 p.

Lionel Cavin

Conservateur

Naissance: 1968

Formation: Études de biologie à l'Université de Neuchâtel puis une thèse en paléontologie à l'Université Paris VI, en 1997.

Carrière: Post-doc au Musée des dinosaures à Espéraza, en France, enseignement à l'Université de Mahasarakham en Thaïlande et second post-doc au Natural History Museum à Londres. Depuis 2006, il est responsable de la gestion des collections de géologie et de paléontologie, au Muséum d'histoire naturelle de la Ville de Genève.

ont tenté de quantifier le concept de fossile vivant à l'aide d'un modèle informatique utilisant des paramètres tels que le taux d'évolution morphologique, le degré de diversification en genres et espèces, etc. L'animal qui est sorti gagnant haut la main, ou plutôt haut la nageoire lobée, est le coelacanthe, loin devant la limule ou le dipneuste qui, eux aussi, ressemblent à s'y méprendre à leurs lointains ancêtres.

Le coelacanthe est-il un genre si ancien qu'il pourrait être notre ancêtre ?

Il ne l'est pas mais il peut nous renseigner sur notre ancêtre commun. Sur l'arbre de la vie, la branche des coelacanthes est accrochée à celle des sarcoptérygiens qui contient les premiers tétrapodes qui sont sortis de l'eau et donc aussi les mammifères. Du point de vue évolutif, ces animaux sont donc plus proches de l'être humain que de 99% des poissons actuels. Quand on dissecque une nageoire de coelacanthe, on retrouve d'ailleurs une succession d'os qui correspondent à l'humérus puis au radius et au cubitus humains. Cela dit, si la plupart des coelacanthes se ressemblent beaucoup à travers les âges, la famille n'est pas si homogène que ça. Il existe un certain nombre d'exceptions. Une des plus spectaculaires a même été découverte en Suisse.

Laquelle ?

En 2017, un amateur a récolté dans les montagnes grisonnes, à plus de 2700 mètres d'altitude, un fossile en deux morceaux, une tête et une queue,



sans connexion entre eux. La queue, avec son petit lobe typique, était celle d'un coelacanthe, mais pas la tête. Je pensais que les deux pièces n'allait pas ensemble. Mais le chasseur de fossiles est revenu plus tard avec un deuxième exemplaire, entier cette fois-ci. Il n'y avait plus de doute. C'était bel et bien un coelacanthe. Nous avons présenté les deux fossiles dans un article paru le 20 octobre 2017 dans la revue *Scientific Reports*. Le nom de la nouvelle espèce est *Foreya maxkuhni* et elle a une forme vraiment atypique. L'individu est plus ramassé que les autres poissons de la même famille. Sa reconstitution montre une petite bouche complètement inférieure (dirigée vers le bas), de très grandes nageoires et une espèce de pointe sur la tête comme si on avait étiré certaines parties de son crâne. Il est possible que des mutations sur un petit nombre de gènes (des gènes architectes appelés hox en l'occurrence) aient suffi à produire cette déformation spectaculaire. Le fossile est vieux de 240 millions d'années, c'est-à-dire qu'il remonte à la période du Trias, juste après une extinction massive. C'est comme si cette espèce avait profité d'un vide temporaire pour se diversifier et changer de forme. Quoi qu'il en soit, il est suffisamment remarquable pour avoir été nommé « espèce de l'année 2018 » par la Société suisse de systématique.

Allez-vous l'exposer au Muséum ?

Les fossiles originaux resteront certainement aux Grisons, bien que des prêts soient envisageables. Peut-être pour l'exposition permanente de paléontologie que nous prévoyons de remonter au Muséum d'histoire naturelle d'ici quelques années.

Quelle proportion de vos collections est montrée au public ?

Pas plus de 10%. Cela dit, le dernier rapport de l'Académie suisse des sciences naturelles, qui vient de paraître, insiste sur l'importance des collections biologiques et de géosciences qui nous

aident à mieux comprendre notre passé et notre présent et fournissent ainsi une base pour prédir l'avenir. L'institution encourage notamment la numérisation des pièces. Au Muséum d'histoire naturelle, nous possédons entre 150 000 et 200 000 macrofossiles et des millions de microfossiles. Nous sommes en train d'établir une base de données contenant toutes les étiquettes. Dès que nous en aurons les moyens, nous pourrons songer aux photographies et aux scanners 3D. En attendant, il faut faire vivre les collections. En les revisitant régulièrement, on peut faire des découvertes extraordinaires. C'est d'ailleurs ce qui s'est passé dernièrement.

Qu'avez-vous déniché ?

En fouillant dans une collection de fossiles de baleines trouvés au début du XIX^e siècle au nord de la France, nous sommes tombés sur un bout de crâne que j'ai immédiatement attribué à un coelacanthe. Personne ne l'avait identifié auparavant. Le morceau en question est très grand mais ce n'est que la partie arrière de la moitié avant de la tête (visible au premier plan sur la photo de la page 40). Du coup, l'animal entier devait mesurer entre 5 et 6 mètres. C'est un des plus grands coelacanthes connus. Nous préparons une publication à ce sujet prochainement.

Un fossile de coelacanthe vaut-il cher ?

Les plus beaux, oui, certainement. Heureusement, ils ne font pas l'objet de ventes aux enchères. Cette pratique, qui se développe de plus en plus et que je trouve ridicule, touche essentiellement les squelettes de dinosaures. Les prix qui y sont proposés sont prohibitifs pour les institutions publiques. Mais le problème, c'est qu'un fossile qui passe en mains privées quitte la sphère scientifique. Un spécimen que l'on décrit doit pouvoir être à la disposition de la recherche à tout moment. S'il trône sur la cheminée d'un riche collectionneur, ce n'est plus possible.

Propos recueillis par Anton Vos

« LATIMERIA », UN ANIMAL ROUSTE MAIS UNE ESPÈCE FRAGILE

Le premier cœlacanthe vivant a été pêché en 1938 au large de la côte orientale de l'Afrique du Sud par un chalutier qui raclait les fonds de l'océan Indien. Par la suite, on a découvert une population d'une centaine d'individus de la même espèce, baptisée *Latimeria chalumnae*, aux Comores puis tout au long de la côte orientale de l'Afrique. En 1997, une seconde espèce, *Latimeria menadoensis*, est identifiée près de l'île de Manado Tua dans la mer des Célèbes, en Asie du Sud-Est. Considérée comme l'événement le plus important de la zoologie du XX^e siècle, la découverte du cœlacanthe a soulevé pas mal de passions et même des réflexes nationalistes. Ainsi, lorsque la deuxième espèce a été décrite par un biologiste américain, un

concurrent français a produit une photo truquée pour tenter de démontrer qu'il avait réalisé la découverte avant. « Ce genre d'anecdotes ne relève pas de la science mais elles éclairent la façon dont la science fonctionne parfois », commente Lionel Cavin, conservateur au Département de géologie et paléontologie du Muséum d'histoire naturelle de la Ville de Genève. Les cœlacanthes sont des animaux robustes qui peuvent mesurer jusqu'à 2 mètres de long mais leur métabolisme est particulièrement lent. Ils ne sont pas très agiles et se fatiguent très vite. Ils dorment la journée dans des grottes entre 150 et 300 mètres sous la surface et partent chasser la nuit à de plus grandes profondeurs.

Les populations, encore mal connues, sont sous pression. Leur habitat, notamment, est menacé de destruction, lors du développement de ports commerciaux qui se multiplient sur la côte africaine. On a également repêché des cœlacanthes qui se sont étouffés avec des déchets plastiques. Les inquiétudes des spécialistes sont d'autant plus grandes que les populations de ce poisson sont petites, que les individus vivent vieux et qu'ils se reproduisent lentement. La chair de cœlacanthe, elle, a très mauvais goût et possède des effets diurétiques. Peu de chances donc que le poisson se retrouve sur un menu de restaurant. Cependant, des entrepreneurs japonais ont émis l'idée d'en conserver quelques individus dans

un aquarium ouvert au public. Cette proposition a été vivement critiquée par tous les spécialistes du cœlacanthe, aussi bien vivant que fossilisé.

« On ne connaît pas assez bien l'animal pour être en mesure de réaliser une telle expérience », précise Lionel Cavin. On ne sait même pas avec certitude ce qu'il mange, ni comment il se reproduit. Une telle entreprise provoquerait un taux d'échecs élevé et des individus mourraient les uns après les autres alors que l'espèce est déjà menacée. À la limite, on peut imaginer un aquarium dans les lieux de pêche pour y garder les individus remontés accidentellement, le temps de les remettre à l'eau. »

A. Vs

« *Foreyia maxkuhni* »
(à gauche), un cœlacanthe ayant vécu il y a 240 millions d'années et dont deux fossiles ont été retrouvés en 2017 aux Grisons.

« *Latimeria chalumnae* »
(à droite), photographié dans l'océan Indien à 120 mètres de profondeur.

L'image est issue de l'ouvrage « Gombessa, rencontre avec le coelacanthe », par Laurent Ballesta (ed. Andromède Collection).



COMME UN SERPENT DE PIERRE SUR UN DOLMEN

DES ARCHÉOLOGUES GENEVOIS ONT ÉTÉ CHARGÉS DE VALORISER **UNE VASTE NÉCROPOLE MÉGALITHIQUE DE L'ÂGE DU BRONZE** SITUÉE DANS LES MONTAGNES DU NORD DU LIBAN. UNE MISSION QUI LEUR A RÉSERVÉ QUELQUES SURPRISES.

Un après-midi d'été 2018, dans le dolmen de Kroum Metowmeh, au milieu des montagnes du nord du Liban. En regardant, pour la centième fois peut-être, un des monolithes composant la tombe édifiée il y a quelque 5500 ans et qu'elle est en train d'inspecter, Tara Steimer est frappée par une soudaine idée. Dans ce que la chercheuse au Laboratoire d'archéologie préhistorique et anthropologie (Faculté des sciences) considérait jusque-là comme des irrégularités naturelles de la roche, elle distingue une forme familière. Comme si un serpent était représenté sur la partie sommitale du bloc de basalte ainsi que sur le côté faisant face à l'entrée de la tombe.

L'image n'est pas nette mais en y regardant de plus près, la chercheuse voit ses derniers doutes s'envoler. Des sculpteurs ont bel et bien martelé le monolithe pour dégrossir la matière et faire ressortir la silhouette d'un reptile. Ils ont profité des aspérités de la roche pour donner l'impression d'écaillles. Une crevasse dans le prolongement de la tête est même exploitée pour représenter la langue bifide.

«En plus de vingt ans d'expérience, je n'avais encore jamais vu de pierre sculptée dans une tombe mégalithique du Proche-Orient, s'enthousiasme Tara Steimer. Après cette trouvaille, nous avons remarqué d'autres serpents stylisés – ainsi que des signes abstraits – sur les nombreux mégalithes que compte la région. Il semble donc que cet animal

«EN PLUS DE VINGT ANS D'EXPÉRIENCE, JE N'AVAIS ENCORE JAMAIS VU DE PIERRE SCULPTÉE DANS UNE TOMBE MÉGALITHIQUE DU PROCHE-ORIENT.»

*ait joué un rôle important dans les sociétés préhistoriques qui ont dressé ces monuments, ce qui est nouveau pour cette période et ce contexte.» La découverte a fait l'objet d'une publication rapide dans une revue spécialisée locale, le *Bulletin d'archéologie et d'architecture libanaises**



TARA STEIMER

(*Baal*), en attendant de paraître dans un journal à plus forte audience internationale. Elle est d'autant plus remarquable que le dolmen de Kroum Metowmeh est connu depuis des décennies. Il fait partie d'un ensemble beaucoup plus vaste qui s'étend dans et autour du village de Menjez, près de la frontière syrienne.

Une centaine de tombes Cette nécropole préhistorique impressionnante est décrite pour la première fois par le révérend Père Maurice Tallon (1906-1982). Entre 1958 et 1965, ce père jésuite français de l'Université Saint-Joseph de Beyrouth identifie et fouille une centaine de tombes datant de l'âge du bronze.

Tara Steimer, elle, fait une première fois la connaissance de ces monuments mégalithiques alors qu'elle est encore étudiante à Paris. On lui propose d'inventorier les archives de fouilles de Maurice Tallon dont il s'avère que seule une partie a été publiée. Elle y consacre son travail de master (DEA) dont le mémoire est publié en 1995, suivi par un ou deux articles.

Vingt ans plus tard, alors qu'elle travaille pour l'Université de Genève et se consacre à d'autres sujets, le site de Menjez se rappelle subitement à son bon souvenir. C'est le maire de la commune, Georges Youssef, qui prend directement contact avec elle. Fort de la lecture des travaux de l'archéologue, le notable lui propose de superviser un projet visant à valoriser et à protéger la nécropole préhistorique.

« *Le maire est une personne très dynamique, souligne Tara Steimer. Il fait tout son possible pour engager sa commune sur les rails du*

développement durable. Il promeut l'agriculture biologique, il a mis en place un éclairage public basé sur l'énergie solaire, etc. La culture bénéficie aussi de ses efforts. En plus de la nécropole préhistorique, Menjez compte également un temple romain et un fort construit par les chevaliers du temps des croisades. Il compte bien mettre ces atouts en valeur. »

Menjez, qui a la particularité d'être de confession chrétienne (maronite) au milieu d'une région à majorité sunnite, fait partie du gouvernorat du Akkar, l'un des plus pauvres du pays. Pour financer son projet, le maire a eu l'idée de faire appel au Laboratoire d'archéologie préhistorique et anthropologie pour répondre à un appel d'offres du British Council. Cette institution gouvernementale du Royaume-Uni octroie en effet des sub-sides dédiés spécifiquement à des projets de protection du patrimoine dans des zones de conflit. D'une façon ou d'une autre, le maire de Menjez a réussi à faire entrer sa commune, située à seulement 3 kilomètres de la Syrie, dans ce cadre. Il faut dire que l'Akkar a accueilli plus de 100 000 réfugiés depuis le début de la guerre civile syrienne en 2011 et qu'il est considéré comme une région à risque par de nombreux pays occidentaux.

Quoi qu'il en soit, Tara Steimer accepte la mission et en prend la direction qu'elle partage avec Marie Besse, professeure et responsable du Laboratoire d'archéologie préhistorique et anthropologie. Et c'est ainsi qu'elle se retrouve dans les montagnes libanaises pour un séjour de cinq semaines durant l'été 2018, avec une équipe de neuf personnes dont un post-doc (Florian Cousseau) et un étudiant (Antoine Caminada) de l'Université de Genève.

Dolmen de Kroum Metowmeh, après la restauration effectuée par les archéologues genevois. Le monolithe au serpent est marqué d'une flèche.



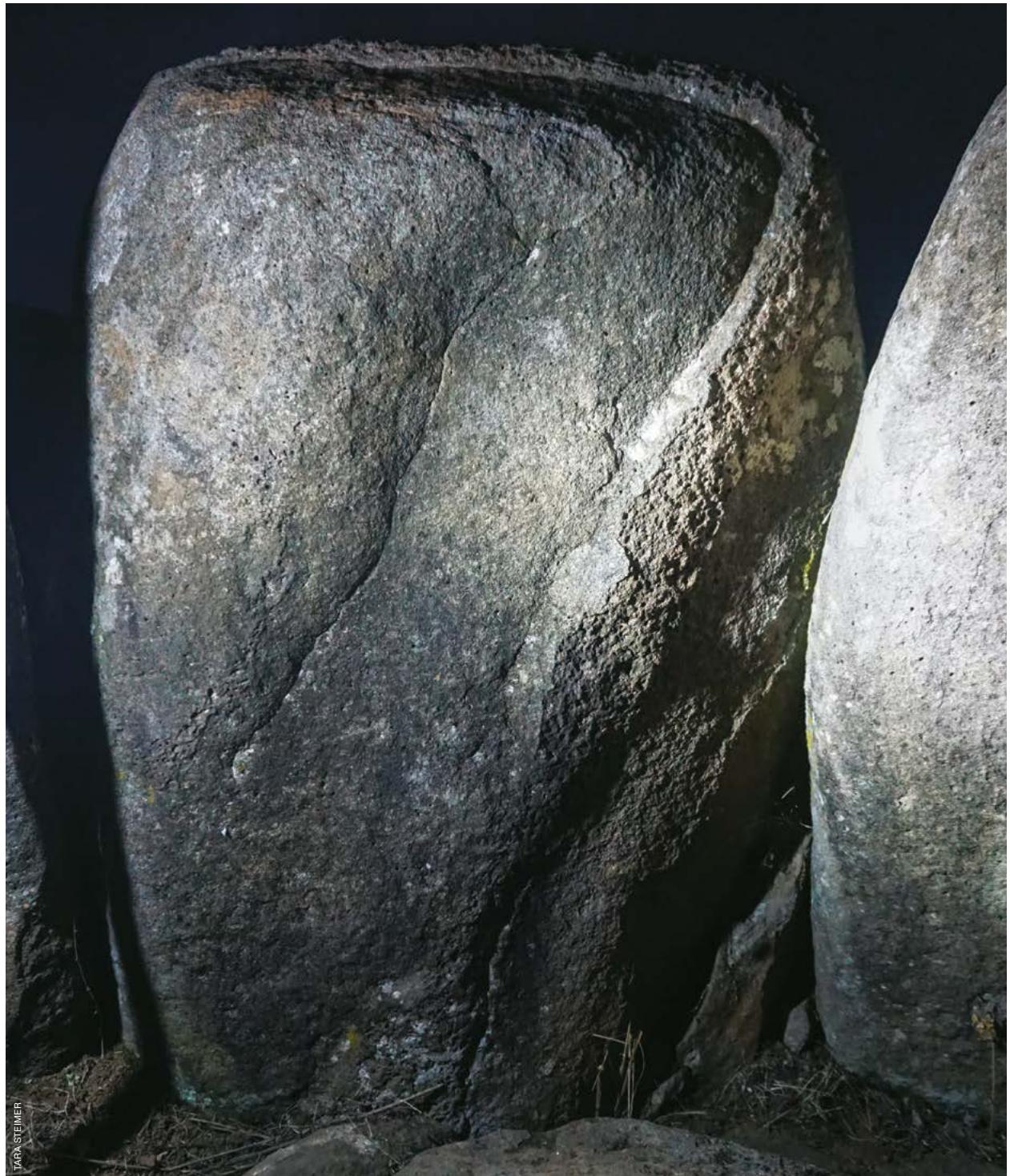
Menjez

Petit village niché dans les contreforts septentrionaux du Mont-Liban, Menjez vit essentiellement de l'agriculture. L'ancien hameau a été entièrement détruit en 1976 lors de la guerre civile du Liban. Les habitants, qui se sont alors enfuis à Beyrouth, sont ensuite progressivement revenus.

Population: quelques centaines de personnes.

Altitude: 350 mètres.

Confession: maronite (chrétienne).



TARA STEIMER

Monolithe en basalte
appartenant au dolmen de Kroum Metowneh, près de Menjez, au nord du Liban. On aperçoit la forme d'un serpent, taillé par un sculpteur il y a 5500 ans, sur la partie supérieure du bloc et descendant en diagonale.

SUR LE « CHEMIN DES DOLMENS »

La valorisation des monuments mégalithiques de Menjez, au nord du Liban, par l'équipe de Tara Steimer, chercheuse au Laboratoire d'archéologie préhistorique et anthropologie (Faculté des sciences), comprend la restauration de 11 dolmens (sur la quarantaine qui subsistent aujourd'hui). Un parcours pédestre, le « chemin des dolmens », a également été créé

afin de permettre aux visiteurs de découvrir ce patrimoine au cours d'une balade de plus de deux heures.

Il est prévu de fonder une maison du patrimoine dans le village de Menjez dont l'inauguration officielle a été fixée au 29 juin 2019. Elle devrait notamment accueillir une exposition, réalisée avec l'aide précieuse du Château-Musée de

Bélesta, une petite institution du Sud-Ouest de la France habituée à fonctionner avec peu de moyens. Y seront exhibés des moules des objets trouvés sur les différents sites de la région. Des petits films explicatifs de 3 minutes ont également été tournés dont certains comprennent des témoignages d'ouvriers encore vivants ayant travaillé dans les

années 1960 pour le père jésuite Maurice Tallon qui a, le premier, décrit et fouillé les mégalithes de Menjez.

Pour faire fonctionner l'ensemble, l'équipe genevoise a commencé la procédure de recrutement de deux personnes habitant le village qui recevront une formation d'animateur culturel.

AVS

Tara Steimer et ses collègues sur un site de fouilles.



«Sur la centaine de monuments encore debout dans les années 1960, il n'en reste plus qu'une quarantaine, déplore l'archéologue genevoise. L'agriculture s'est beaucoup développée ces dernières années. Les paysans, qui se sont mis à planter des oliviers et des pins, préparent désormais le terrain avec des bulldozers. De nombreux dolmens ont disparu de cette façon. D'autres sont menacés car situés sur des terrains privés que les propriétaires ne veulent ou ne peuvent pas vendre.»

Après concertation, les archéologues genevois choisissent de valoriser 11 dolmens situés sur des parcelles publiques. Cela comprend entre autres un nettoyage, un relevé précis en trois dimensions et la pose d'un géotextile censé éviter que la végétation ne repousse.

Les miettes de Tallon Les chercheurs en profitent pour nettoyer les interstices entre les dalles mais sans trop se faire d'illusions. À son époque, le révérend Père Maurice Tallon a littéralement tamisé toute la terre dans et autour des dolmens. Les pièces qu'il a mises au jour, essentiellement des céramiques, des perles de cornaline, du matériel lithique et des sceaux cylindriques, sont entreposées au Musée de préhistoire libanaise à Beyrouth (également partenaire du projet de Menjez). Ne restent sur place que les artefacts que le père jésuite n'a pas voulus.

«Nous n'étions pas soumis à la pression habituelle, souligne Tara Steimer. Cela nous a donné plus de temps pour observer les sites à différents moments de la journée, c'est-à-dire sous des éclairages variables. En même temps, les habitants de Menjez n'ont cessé de nous mettre en garde contre les serpents qui pullulent dans la région. C'est

probablement la conjonction de ces deux facteurs – une certaine sérénité et une attention soutenue à tout ce qui pouvait ressembler à un serpent – qui m'a aidée à remarquer le reptile gravé sur le monolithe de Kroum Metowmeh.»

Notant l'intérêt des archéologues pour ces curieux dessins, un des ouvriers de l'équipe leur apprend alors qu'il existe d'autres pierres gravées, notamment sur un terrain près du village. L'homme y amène les chercheurs qui découvrent une quinzaine de blocs ornés de

L'EXCEPTION DEVIENT VITE LA RÈGLE ET ON ÉVOQUE MÊME LA POSSIBILITÉ D'UN SANCTUAIRE DÉDIÉ AUX SERPENTS.

serpents stylisés ou de signes abstraits incompréhensibles. L'exception devient vite la règle et on évoque même la possibilité d'un sanctuaire dédié aux serpents.

Les gravures se présentent sous la forme de lignes sinuées soigneusement piquetées ou d'enlèvements plus larges représentant un serpent enroulé sur lui-même. Dans quelques cas, la sculpture fait le tour d'une roche comme un véritable bas-relief.

Motif commun Le serpent est un motif relativement commun dans la préhistoire. Il est documenté dès le Néolithique, vers 9000 avant notre ère, notamment sur des piliers du sanctuaire de Göbekli Tepe, en Turquie actuelle. Selon certains auteurs, le reptile jouerait un rôle primordial dans les mythologies des peuples agro-pastoraux. Quant au serpent d'aujourd'hui, celui qui hante les alentours du village de Menjez et dont on craint le venin, il s'agit de la vipère à cornes. Pour Tara Steimer, la ressemblance de cette espèce (une tête très triangulaire, un enroulement caractéristique...) avec ces représentations rupestres réalisées il y a des milliers d'années sont frappantes. Peut-être est-ce elle qui a servi de modèle.

«Les sociétés qui ont construit ces dolmens et gravé ces serpents sont méconnues, précise Tara Steimer. Elles devaient posséder une certaine cohésion sociale et des ressources suffisantes pour mobiliser, nourrir et héberger les personnes nécessaires à la réalisation de ce genre de monuments. Elles suivaient sans doute un mode de vie pastoral mais on ignore la nature des richesses qu'elles échangeaient avec les comptoirs égyptiens établis à cette époque sur le littoral méditerranéen ou avec la Mésopotamie. Il peut s'agir d'esclaves – un cas de figure que l'on rencontre dans d'autres sociétés produisant des monolithes, comme en Indonésie à partir du XVII^e siècle. Mais ce n'est qu'une hypothèse.»

Anton Vos

LA GÉNOMIQUE DES MÉTAMORPHOSES

À 36 ANS, GUILLAUME ANDREY VIENT DE REJOINDRE LE DÉPARTEMENT DE MÉDECINE ET GÉNÉTIQUE DU DÉVELOPPEMENT EN TANT QUE PROFESSEUR ASSISTANT. AU SEIN DE SON LABORATOIRE, LE CHERCHEUR S'EFFORCERA DE MIEUX COMPRENDRE LES PROCESSUS QUI GUIDENT **LES MUTATIONS CAUSÉES PAR LA PARTIE NON CODANTE DU GÉNOME.**

« **R**ien ne sert de courir; il faut partir à point », dit la morale d'une fable bien connue.

Et ce n'est sans doute pas Guillaume Andrey qui prétendra le contraire. Élève moyen jusqu'à son entrée à l'Université – « à l'école, j'avais la tête en l'air et mes résultats s'en ressentaient », résume-t-il aujourd'hui – le Valaisan a depuis largement rattrapé ce petit retard à l'allumage. Marche par marche, il a progressivement gravi les différents échelons permettant d'envisager une carrière académique pour se retrouver, à 36 ans, avec un statut de professeur assistant au sein du Département de médecine génétique et développement, où il conduit depuis le 1^{er} décembre dernier son propre laboratoire grâce à un subside d'un million et demi de francs accordé par le Fonds national de la recherche scientifique (FNS) pour les quatre prochaines années. Objectif: comprendre comment l'organisation tridimensionnelle du génome guide la formation des organes et des structures au cours des premières phases du développement embryonnaire.

« Guillaume a une vraie solidité en lui. Quand vous grattiez, il y a de la matière chez ce scientifique », confiait récemment au *Temps* Denis Duboule, professeur au Département de génétique et évolution de la Faculté des sciences et ancien directeur du Pôle de recherche national *Frontiers in Genetics*.

Adoubé par son mentor, qui voit en lui une relève prometteuse, le jeune chercheur n'est pourtant pas tombé dans la marmite de soupe primordiale quand il était tout petit.

Né à Sion en 1982, Guillaume Andrey est l'aîné d'une fratrie de trois garçons qui grandissent entre deux parents enseignants. Professeur au collège, son père est un grand

d'avoir reçu un de ces kits de chimie permettant de faire des expériences scientifiques, rembobine le jeune homme. Mais ce qui m'intéressait surtout à l'époque, c'était de faire exploser des trucs pour faire rire mes frères.

Ce dilettantisme apparent ne suffit toutefois pas à lui barrer la route des études secondaires, qu'il empoigne en choisissant une filière en

économie et dont il sort maturité en poche. « Je me suis progressivement aperçu que je fonctionnais un peu comme un diesel », témoigne le principal intéressé. « Il me faut souvent un peu de temps pour me mettre en route et apprivoiser un nouveau mode de pensée mais une fois que je suis dedans, je m'investis à fond et je peux visiblement être assez bon. »

Reste à savoir sur quelle route lancer la machine : la philosophie, les relations internationales ou les

**« JE ME SUIS
PROGRESSIVEMENT
APERÇU QUE JE
FONCTIONNAIS UN PEU
COMME UN DIESEL. »**

amateur de musique et de littérature, tandis que la mère, institutrice puis professeure à la Haute école pédagogique du Valais, cultive un rapport très proche à la nature.

Malgré l'ambiance érudite qui règne dans la maisonnée, le futur chercheur flâne longtemps loin derrière le peloton des meilleurs élèves. Particulièrement rétif aux arcanes de l'orthographe et du français, il est plus à l'aise dans le rôle de boute-en-train. « Je me souviens

des sciences dites « dures » qui, toutes trois, l'attirent ? À la suite d'un stage d'immersion à l'Institut suisse de recherche expérimentale sur le cancer, dont il ressort fortement impressionné, son choix se porte finalement sur la biologie. Sur les conseils de son cousin Théo Berclaz, qui y enseignait la chimie, il jette son dévolu sur l'Université de Genève pour entamer cette nouvelle étape de sa formation, même si la visite qu'il fait de l'institution ne

Guillaume Andrey

Professeur assistant au Département de médecine génétique et développement (Faculté de médecine)

1982: Naissance à Sion.

2002: Maturité en économie au collège des Creusets (Sion).

2006: Intègre l'école doctorale du PRN Frontiers in Genetics.

2013: Thèse sur le rôle des gènes HOX dans le développement des membres. Publication dans la revue «Science».

2014: Départ pour l'Institut Max-Planck pour la génétique moléculaire à Berlin.

2018: Professeur assistant au Département de médecine et génétique et développement.





GUILLAUME ANDREY

L'ÉPIGÉNÉTIQUE, UNE CLÉ POUR COMPRENDRE LES SUCCÈS ET LES COUACS DU GÉNOME

L'objectif du laboratoire de Guillaume Andrey, professeur assistant au Département de médecine génétique et développement (Faculté de médecine), est de comprendre la relation qui existe entre l'architecture tridimensionnelle de l'ADN, l'expression des gènes qu'il contient et le développement embryonnaire normal ou anormal qui en découle. En d'autres termes, comment l'épigénétique, c'est-à-dire tout ce qui se trouve «autour» de l'ADN, peut influencer le fonctionnement des gènes et donc leur effet. Ce sont en effet l'activation et la répression des gènes en fonction

du temps et de l'espace qui, durant l'embryogenèse, dirigent la fabrication des différents organes et des structures du corps. L'orchestration de cette activité complexe est assurée par un certain nombre de processus moléculaires qui sont essentiels pour le développement car leur perturbation peut provoquer des malformations ou des maladies. L'un de ces processus est la communication qui s'établit entre les régions de l'ADN chargées de réguler les gènes (qui sont des séquences dites non codantes) et les gènes eux-mêmes. Ces deux entités sont parfois voisines,

parfois relativement éloignées les unes des autres mais se retrouvent en contact grâce à un repliement ingénieux de l'ADN. Cette communication passe donc par la structure 3D de la double hélice porteuse du génome et plus particulièrement par des interactions physiques entre ces régions du génome. « Nous avons remarqué, dans de nombreux cas, que certaines de ces interactions avec la chromatine ont lieu dans des types de cellules ou de tissus où un gène précis est actif tandis qu'elles sont absentes dans d'autres cellules et tissus où ce même gène est inactif, précise

Guillaume Andrey. Pour en savoir plus sur ces interactions, nous appliquons diverses technologies de pointe sur des cellules souches pluripotentes mises en culture.

Mais nous aimerais également utiliser ces outils *in vivo*, sur des embryons en plein développement. »

Le chercheur espère ainsi mieux comprendre les dysfonctionnements qui surviennent dans l'activation de certains gènes et qui sont associés à des malformations congénitales et des cancers mais peut-être aussi à des mécanismes permettant les innovations et la diversité de la vie.

Embryon de souris.
Visualisation de
l'expression du gène
«Pitx1» (en noir) qui permet
le développement des
jambes.

**« J'AVAIS L'IMPRESSION
QUE CE QUE
J'APPRENAIS EN COURS
DONNAIT DU SENS À CE
QUE JE VOYAISS AUTOUR
DE MOI. TOUT CELA
AVAIS UN CÔTÉ ASSEZ
BLUFFANT. »**

l'enthousiasme pas vraiment. «*Le grand avantage d'une institution généraliste, c'est qu'elle offre davantage de compétences dans différents domaines, explique le chercheur. Ce qui, lors de la spécialisation inévitable, offre un large éventail d'options. J'avais aussi de nombreux amis qui avaient fait ce choix et la ville m'attrait.*»

Loin de se sentir déraciné, le Valaisan trouve rapidement ses marques dans la Cité de Calvin, goûtant les joies de la colocation et de la vie étudiante avec le sentiment d'une liberté toute nouvelle.

Sur les bancs de l'Académie, il lui faut toutefois s'accrocher pour rattraper le retard dû à son cursus économique au collège. Mais il s'avère vite que le jeu en vaut la chandelle. Enthousiasmé par la qualité des cours dispensés par ses premiers professeurs – parmi lesquels Denis Duboule, Jean-Claude Martinou ou Claude Piguet –, le bachelier se plonge sans retenue dans l'étude d'une discipline qui lui apparaît comme une sorte de nouveau monde. «*Tout d'un coup, je découvrais la réalité du monde moléculaire, explique-t-il. Cet univers invisible, qui n'est pas sans poésie, m'a immédiatement séduit. J'avais l'impression que ce que j'apprenais en cours donnait du sens à ce que je voyais autour de moi. Tout cela avait un côté assez bluffant.*»

Désormais dans son élément, Guillaume Andrey file pleins gaz, ce qui le conduit à changer progressivement de statut. Pour la première fois de son existence, en effet, il n'est plus à la traîne mais en tête de peloton. Une position qui lui permet de postuler pour une place au sein de la toute nouvelle et très sélective école doctorale ouverte par le Pôle de recherche national Frontiers in Genetics après sa création en 2001.

Inspirée du modèle américain, la formation inclut un programme de rotation permettant aux doctorants de fréquenter différents laboratoires pendant une période de trois ou quatre mois. Pour Guillaume Andrey, ce sera Zurich, où il travaille sur la drosophile, Bâle, où il planche sur le développement de la rétine et Lausanne, où il se familiarise avec l'utilisation de certains virus.

Rattaché au laboratoire de Denis Duboule implanté dans les locaux de l'École polytechnique fédérale de Lausanne, il enchaîne ensuite avec une thèse portant sur le développement des membres chez la souris, à laquelle il va consacrer près de cinq années. Lancé comme un coup d'essai, l'exercice se révèle être un coup de maître. Alors qu'il n'avait quasiment rien publié jusque-là, Guillaume Andrey voit en effet ses résultats atterrir dans les pages de la très prestigieuse revue *Science*, ce qui représente une forme de Graal pour tout scientifique qui se respecte. «*En résumé, ce travail a permis de démontrer que le mécanisme qui préside à la fabrication du poignet est inscrit dans la structure du génome, complète le chercheur. C'est un résultat que j'ai obtenu dès la première année de mes travaux. À un moment, avec Denis Duboule, nous avons pensé qu'il serait peut-être judicieux de publier quelques résultats intermédiaires mais nous avons finalement choisi d'attendre pour abattre toutes les cartes en même temps, stratégie qui s'est finalement avérée payante.*»

Auréolé de ce remarquable succès éditorial, Guillaume Andrey a dès lors l'embarras du choix quant au lieu où il poursuivra son parcours. Mais plutôt que Stanford ou Harvard, il choisit de rejoindre le laboratoire de Stefan Mundlos au Max-Plank Institute de génétique moléculaire où il poursuit ses travaux sur le développement du squelette avec à la clé un autre article très remarqué, cette fois dans *Nature Genetics*.

«*J'étais très bien à Berlin, précise-t-il. Outre le fait que c'est une ville très agréable à vivre, même avec un salaire modeste, je disposais d'une très grande liberté pour conduire mes recherches. La*

seule limite, c'était notre imagination. Il n'y avait donc pas d'excuses pour ne pas faire de la bonne science. Seulement, à un moment donné, on commence à avoir ses propres idées et à vouloir prendre son envol. J'ai donc visité différentes institutions avant de porter une nouvelle fois mon choix sur Genève où j'avais senti un fort soutien.»

Le retour au bercail de Guillaume Andrey est toutefois conditionné par l'obtention d'un des très sélectifs subsides de professeur boursier alloués chaque année par le FNS. Un précieux sésame, qui garantit un poste de professeur associé pendant quatre ans, ainsi que les fonds nécessaires pour faire tourner un laboratoire. «*La procédure est ardue, surtout la dernière étape qui se déroule à Berne sous la forme d'un entretien durant lequel vous avez vingt minutes pour convaincre, témoigne Guillaume Andrey. L'atmosphère est assez impressionnante. Vous êtes seul sur une estrade face à vos examinateurs qui se trouvent un peu en hauteur, logés derrière des bureaux chargés de piles de documents. On vous donne un pointeur, et c'est parti. Vous avez donc plutôt intérêt à être bon.*»

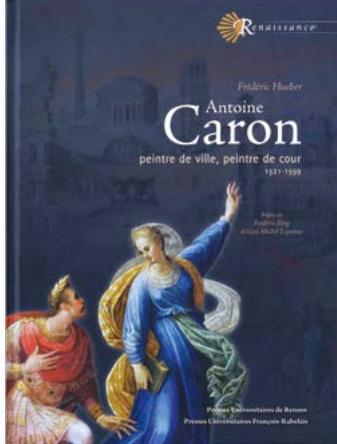
Guillaume Andrey l'a visiblement été puisqu'il a rejoint en décembre dernier les rangs du Département de médecine génétique et développement de l'UNIGE. Au sein du laboratoire qu'il est en train de mettre sur pied et dont l'équipe est déjà presque au complet, il s'est donné pour objectif de comprendre comment l'information épigénétique, en particulier l'organisation 3D des génomes humains et de souris, guide le développement des organes et des structures au cours de l'embryogenèse. Un processus encore largement méconnu qui est à l'origine de dérégulations pathologiques responsables de malformations congénitales et de cancer mais qui est aussi au centre des mécanismes permettant les innovations et la diversité de la vie.

Vincent Monnet

À LIRE

LA SECONDE VIE D'ANTOINE CARON

Fruit d'une thèse de doctorat soutenue en 2016, cet ouvrage préfacé par Frédéric Elsig, professeur ordinaire au Département de musicologie et d'histoire de l'art (Faculté des lettres), ramène à la vie l'un des rares artistes français de la Renaissance dont on connaît le visage. Né à Beauvais en 1521 et mort à Paris en 1599, Antoine Caron a vécu une ascension artistique fulgurante. Formé par des maîtres d'œuvre italiens sur le chantier royal de Fontainebleau, où il débute en tant que premier aide, il va servir cinq rois de France successifs ainsi que la reine mère Catherine de Médicis. Peintre de cour loué par plusieurs poètes de son vivant, il compte également dans sa clientèle des lettrés qui lui passent de nombreuses commandes. Pour y répondre, il multiplie les collaborations avec certains artisans de la capitale tout en restant constamment ouvert à d'autres techniques artistiques et en particulier à la gravure, domaine auquel il consacrera le plus clair de son temps au cours des dernières années de son existence.



Souvent copié y compris de son vivant, il laissera derrière lui une très riche production, ses dessins ayant servi à la réalisation de peintures, d'enluminures, de sculptures, de gravures, de tapisseries ou encore de vitraux. Basé sur de nouveaux documents, sur l'examen des œuvres ainsi que sur les réalités sociales du métier de peintre durant l'époque

concernée, l'ouvrage de Frédéric Hueber propose un catalogue raisonné de l'ensemble de l'œuvre de Caron ainsi qu'un portrait aussi complet que possible de ce personnage qui a compté parmi les principaux promoteurs d'un art « *qui devint en quelques années le langage figuratif de tout le Royaume de France, et bien au-delà* ». VM

« *Antoine Caron, peintre de ville, peintre de cour 1521-1599* », par Frédéric Hueber, Presses universitaires de Rennes/Presses universitaires François-Rabelais, 384 p.

LE TEMPS DES COSMOCRATES

À près de 85 ans, Jean Ziegler n'a toujours pas enterré la hache de guerre. Conduit par les questions faussement naïves de sa petite-fille, l'ancien rapporteur spécial auprès de l'ONU sur la question du droit à l'alimentation, qui est aussi professeur honoraire de la Faculté des sciences de la société, se livre dans ce petit ouvrage à une attaque en règle du capitalisme et des « cosmocrates » qui en tiennent les rênes. Fils de la Révolution française, qui a sanctifié la notion de propriété privée, le monstre s'est nourri du sang des esclaves et des souffrances des peuples d'outre-mer avant d'étendre sa toute-puissance à l'ensemble de la planète, l'effondrement du bloc soviétique et l'avènement des nouvelles technologies lui ayant laissé les coudées franches. Résultat: le massacre quotidien de dizaines de milliers d'enfants par la sous-alimentation, le retour d'épidémies depuis longtemps vaincues par la médecine, mais aussi la destruction de l'environnement. Le tout alors que la planète croule sous les richesses. Impossible à réformer, cet ordre cannibale doit donc être détruit. Et l'heure est justement au réveil des consciences et à la constitution de foyers de résistance. Car comme l'écrivait le poète Pablo Neruda: « *Ils pourront couper toutes les fleurs, mais jamais ils ne seront les maîtres du printemps.* » VM

« *Le capitalisme expliqué à ma petite-fille (en espérant qu'elle en verra la fin)* », par Jean Ziegler, Seuil, 128 p.



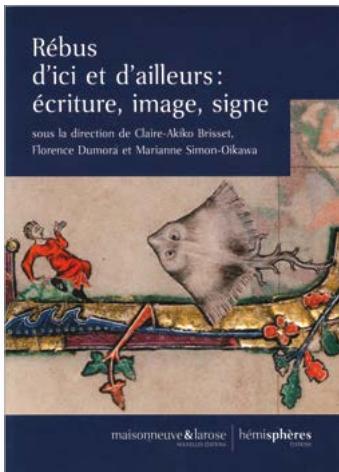
PAROLES D'IMAGES

Cousin de la charade et de la devinette, le rébus est pourtant loin de n'être qu'un simple divertissement. Rassemblant une trentaine de contributeurs, cet ouvrage collectif codirigé par Claire-Akiko Brisset, professeure ordinaire au Département d'études est-asiatiques (Faculté des lettres), offre pour la première fois un regard traversant les disciplines et les époques sur cet objet littéraire singulier. De la civilisation maya

à celle de l'Égypte ancienne, des estampes japonaises aux rêveries surréalistes, de la presse populaire aux partitions musicales, les différentes études rassemblées dans cet imposant volume éclairent aussi bien ce que les historiens de l'écriture ont appelé le «principe rébus» que les images à déchiffrer que l'on retrouve depuis des millénaires sur les supports les plus disparates. Dans la lignée du célèbre linguiste genevois Ferdinand de Saussure, pour qui «*l'écriture est née de l'image*», les auteurs proposent ici une confrontation passionnante entre des ensembles appartenant à des périodes et des régions du monde différentes en vue de dégager les caractéristiques matérielles, sémiotiques, fonctionnelles et culturelles propres au rébus. Précisant d'embrée que les motifs ou les signes utilisés dans le rébus sont toujours l'expression de choix culturels et esthétiques spécifiques qu'il importe de prendre en compte lorsqu'on cherche à en comprendre le sens, ils montrent que cet objet mixte et polymorphe se trouve au centre d'une relation complexe entre langue et signe visuel, mais aussi entre image et écriture.

VM

«**Rébus d'ici et d'ailleurs: écriture, image, signe**», par Claire-Akiko Brisset, Florence Dumora et Marianne Simon-Oikawa (dir.), Hémisphères/Nouvelles éditions Maisonneuve & Larose, 536 p.



L'HOMME D'AVANT L'HISTOIRE

D'une archéologie du monde souterrain à celle des plaines, des montagnes ou des îles, cet ouvrage collectif présente les avancées les plus récentes des connaissances sur la préhistoire. Et rappelle que nous sommes tous les lointains descendants de migrants.

«**Pré-histoires. La conquête des territoires**», par Nicolas Teyssandier et Stéphanie Thiébault (dir.), Le Cherche midi/CNRS, 184 p.



LA PREUVE DU RISQUE

Le principe de non-refoulement repose sur la capacité des migrants à prouver qu'ils risquent d'être persécutés, torturés ou victimes de mauvais traitements dans leur pays d'origine. En s'appuyant sur une analyse de la jurisprudence, Olivia Le Fort (Faculté de droit) clarifie une notion clé en matière de procédure d'asile.

«**La preuve et le principe**», par Olivia Le Fort, Schulthess Verlag éd., 343 p.



L'UNION FAIT LA FORCE

À défaut de pouvoir contrer les tendances extrémistes ou les volontés belligérantes qui se développent en son sein, l'Union européenne dispose de règles et d'institutions qui contribuent efficacement au maintien de la paix. C'est la thèse que développe René Schwok dans cet ouvrage en langue anglaise.

«**Did European Construction Contribute to Peace?**» par René Schwok, Éd. Peter Lang, 171 p.



PÉDAGOGIE DE L'INÉGALITÉ

Les politiques d'éducation prioritaire permettent-elles de réduire les inégalités sociales ? Pour répondre à la question, cet ouvrage collectif analyse la marge de manœuvre des enseignants, les dispositifs et innovations pédagogiques et les pratiques en classe.

«**Pratiques pédagogiques et éducation prioritaire**», par Barbara Fouquet-Chauprade et Anne Soussi (éd.), Peter Lang, 224 p.

THÈSES DE DOCTORAT

DROIT

FARDEL, MÉLISSA

La participation des victimes aux procédures pénales internationales et les droits de l'accusé

Dir. Michel, Nicolas; Roth, Robert

Th. UNIGE 2018, D. 954 | Web*: [110494](#)

KUENZLE, JUERG

Coordination of construction works under separate contracts

Dir. Marchand, Sylvain

Th. UNIGE 2018, D. 956 | Web*: [112530](#)

PSYCHOLOGIE ET SCIENCES DE L'ÉDUCATION

BAERTSCHI, MARC

The burden of normality: a model of psychosocial adjustment after deep brain stimulation for Parkinson's disease

Dir. Favez, Nicolas

Th. UNIGE 2018, FPSE 722 | Web*: [112573](#)

DECHAMBOUX, LIONEL

L'enquête formative dans le paradigme de l'évaluation située: une modélisation énactive de l'activité évaluative d'enseignantes lors de séances de production écrite au CP

Dir. Mottier Lopez, Lucie; Poizat, Germain

Th. UNIGE 2018, FPSE 719 | Web*: [111757](#)

FANOURAKIS, MARIOS ARISTOGENIS

On the feasibility and privacy benefits of on-device data mining for opportunistic crowd-sensing and service self-provisioning

Dir. Konstantas, Dimitri; Wac, Katarzyna

Th. UNIGE 2018, GSEM 63 | Web*: [112869](#)

LETTRES

TARDY, CAMILLE

Introducing spatial coverage in a semantic repository model

Dir. Moccozet, Laurent; Falquet, Gilles

Th. UNIGE 2017, GSEM 40 | Web*: [110652](#)

BROWN, AMY

Friendship between men and women in Middle English Arthurian texts and their sources

Dir. Bolens, Guillemette

Th. UNIGE 2018, L. 928 | Web*: [111902](#)

EXTERMANN, GRÉGOIRE

Guglielmo Della Porta, sculpteur, restaurateur, fondeur au service des Farnèse (1537-1577)

Dir. Natale, Mauro

Th. UNIGE 2018, L. 926 | Web*: [111123](#)

MACINANTI, ANDRÉA

«Fabricato alla guisa del corpo humano»: l'organo come metafora antropomorfa

Dir. Boccadoro, Brenno

Th. UNIGE 2018, L. 932 | Web*: [110765](#)

SCIENCES DE LA SOCIÉTÉ PORETTI, MICHELE

LA FABRIQUE DES DROITS DE L'ENFANT. LES PARADOXES D'UNE RÉVOLUTION CONTEMPORAINE

La révolution des droits de l'enfant se propose de transformer radicalement les relations intergénérationnelles. En reconnaissant les enfants comme des «sujets de droit» et comme des «partenaires», ce projet politique, qui vise à construire un monde pour et avec les enfants, jettent les bases, selon ses partisans, d'une citoyenneté réellement inclusive et globale. La véritable portée révolutionnaire de ce projet fait débat. Les critiques ciblent son caractère universaliste, qui irait à l'encontre des particularités locales, ainsi que l'ambiguïté de la place accordée aux enfants, considérés à la fois comme des personnes compétentes et comme des êtres nécessitant encadrement et protection. Cette thèse interroge les logiques politiques de cette révolution en explorant comment les acteurs traduisent au quotidien les idéaux inscrits dans la Convention des Nations unies relative aux droits de l'enfant. Cette enquête ethnographique se base sur trois études de cas, explorant la fabrique de l'agenda international visant à restaurer l'«enfance volée», l'ascension des «enfants disparus» à l'agenda de l'Occident et les politiques promouvant la participation des enfants et des jeunes en Suisse romande.

DIR. CATTACIN, SANDRO; DROZ, YVAN

Th. UNIGE 2018, SdS 105 | Web*: 113084

MÉDECINE

BEAUVERD, YAN

Validation de l'index de risque lié à la pathologie chez les patients ayant bénéficié d'une allogreffe de cellules souches hématopoïétiques partiellement déplétée en lymphocytes T in vitro

Dir. Chalandon, Yves

Th. UNIGE 2018, Méd. 10916 | Web*: [112575](#)

BULIT, FLORENCE

Activité antimicrobienne et cytotoxicité de 3 photosensibilisateurs activés par la lumière bleue

Dir. Bouillaguet, Serge

Th. UNIGE 2014, Méd. dent. 725 | Web*: [112361](#)

DELCO, CRISTINA MARIA

Sepsis néonatal: quelle est la place de la PCR/ESI-MS dans le processus diagnostic?

Dir. Karam, Oliver Laurent; Posfay Barbe, Clara

Th. UNIGE 2018, Méd. 10904 | Web*: [111722](#)

FLATTET, YVES

Déterminer le pronostic lors d'exacerbation BPCO

Dir. Perrier, Arnaud; Carballo, Juan Sebastian

Th. UNIGE 2018, Méd. 10898 | Web*: [111422](#)

GREGOR, LADISLAV

Microdureté des résines de scellement à activation lumineuse et duale, polymérisées au travers d'endocouronnes

Dir. Krejci, Ivo

Th. UNIGE 2015, Méd. dent. 737 | Web*: [111419](#)

GUEDJ, NOÉMIE

Amélioration du dépistage anténatal des cardiopathies congénitales: faisabilité du doppler trans-valvulaire et de la mesure des anneaux valvulaires pour dépister les valvulopathies congénitales?

Dir. Boulvain, Michel; Pellegrinelli, Gianmaria

Th. UNIGE 2018, Méd. 10907 | Web*: [111438](#)

JAAFAR, JAAFAR

Hypophysite induite par les anticorps monoclonaux anti-CTLA-4

Dir. Philippe, Jacques

Th. UNIGE 2019, Méd. 10923 | Web*: [113401](#)

RIEDER, PHILIPPE

Performances précliniques d'ostéointégration des revêtements d'oxynitrites de titane

Dir. Durual, Stéphane

Th. UNIGE 2018, Méd. dent. 753 | Web*: [111430](#)

SCHLUCKEBIER, DOMINIQUE

Anticorps anti-HLA spécifiques contre le donneur et rejet de greffe hépatique pédiatrique: prévalence et corrélation entre leurs caractéristiques et la survenue de rejet aigu

Dir. McIn, Valérie Anne

Th. UNIGE 2018, Méd. 10914 | Web*: [112871](#)

SCIENCES

ALOCCI, DAVIDE

An interactive and integrative view of glycobiology

Dir. Lisacek, Frédérique

Th. UNIGE 2018, Sc. 5280 | Web*: [112295](#)

CHEVALIER, CLAIRE

Physiological adaptations to ambient temperature variations through the gut microbiota

Dir. Trajkovski, Mirko; Martinou, Jean-Claude

Th. UNIGE 2018, Sc. 5266 | Web*: [110927](#)

CHOPLIN, ARTHUR

The early generations of rotating massive stars and the origin of carbon-enhanced metal-poor stars

Dir. Meynet, Georges; Ekström, Sylvia

Th. UNIGE 2018, Sc. 5269 | Web*: [111718](#)

DA FONTE SENRA, LUISA MARGARIDA

IL-17E exhibits pro-inflammatory effects in psoriasis through induction of innate immune responses and neutrophil recruitment

Dir. Boehncke, Wolf-Henning; Martinou, Jean-Claude

Th. UNIGE 2018, Sc. 5262 | Web*: [111509](#)

DAEDEM, ALICIA

Asymmetric mechanics of cell-size control during asymmetric cell divisions in sensory organs precursors

Dir. Gonzalez Gaitan, Marcos

Th. UNIGE 2017, Sc. 5146 | Web*: [111143](#)

DICENTE CID, YASHIN

Lung tissue analysis: from local visual descriptors to global modeling
Dir. Marchand-Maillet, Stéphane; Müller, Henning
 Th. UNIGE 2018, Sc. 5248 | Web*: [111394](#)

GAPONENKO, IAROSLAV

Local probe studies of the role of surface adsorbates in polarization switching, screening and domain wall functionalities in ferroelectric thin films
Dir. Paruch, Patrycja
 Th. UNIGE 2017, Sc. 5097 | Web*: [112566](#)

HARTI, RALPH

Sub-pixel correlation length imaging of heterogeneous microstructures using neutron grating interferometry
Dir. Ruegg, Christian
 Th. UNIGE 2018, Sc. 5271 | Web*: [111727](#)

HARTUNG, EVA

Silicic magmatism in the upper crust and relationships to caldera-forming eruptions: insights from the Takidani magmatic system in Central Japan
Dir. Caricchi, Luca
 Th. UNIGE 2018, Sc. 5282 | Web*: [112214](#)

INFANTINO, VALENTINA

Dissecting the functional links between the mRNA export adaptor Yra1, the E3 ubiquitin ligase Slx5-Slx8 and genome stability
Dir. Stutz, Françoise
 Th. UNIGE 2017, Sc. 5123 | Web*: [112567](#)

KHRISTOFOROV, MIKHAIL

Low dimensional defects in percolation model
Dir. Smirnov, Stanislav
 Th. UNIGE 2018, Sc. 5245 | Web*: [111513](#)

MACIEL IORIS, RAFAEL

Effects of physiological overexpression of SIRT6 in metabolism and cancer
Dir. Coppari, Roberto; Loewith, Robbie Joseph
 Th. UNIGE 2018, Sc. 5283 | Web*: [112205](#)

MANTZOUKI, EVANTHIA

Continental scale cyanobacterial dynamics under global warming and eutrophication
Dir. Ibelings, Bastiaan Willem
 Th. UNIGE 2018, Sc. 5275 | Web*: [112209](#)

PASZTOR, ARPAD

Charge density wave order parameter revealed by scanning tunnelling microscopy
Dir. Renner, Christoph
 Th. UNIGE 2018, Sc. 5279 | Web*: [111778](#)

RELIGI, ARIANNA

Ground UV irradiance and 3D rendering techniques to predict anatomical solar UV exposure in skin cancer research and prevention
Dir. Marchand-Maillet, Stéphane; Moccozet, Laurent
 Th. UNIGE 2018, Sc. 5277 | Web*: [112464](#)

TAVRIDOU, ELENI

UV-B photoreceptor-mediated regulation of typical and atypical bHLH transcription regulators
Dir. Ulm, Roman
 Th. UNIGE 2018, Sc. 5291 | Web*: [112876](#)

VINCENTI, ILENA

Brain-resident memory CD8+ T cells: roles in protection and disease
Dir. Merkler, Doron; Soldati, Thierry
 Th. UNIGE 2018, Sc. 5294 | Web*: [113169](#)

SCIENCES DE LA SOCIÉTÉ**BOCHATAY, NAIKE**

Continuities in health care work: group processes and training at two academic medical centers in Switzerland and California
Dir. Bourrier, Mathilde; Nendaz, Mathieu
 Th. UNIGE 2018, SdS 108 | Web*: [113832](#)

NIKOGHOSYAN, NUNE

Le monde de l'art des tribute bands: conventions, carrières et publics
Dir. Ducret, André Marie Omer; Perrenoud, Marc
 Th. UNIGE 2018, SdS 97 | Web*: [111512](#)

STEINER, ANNE-CLAUDE

Communication de crise: enjeux stratégiques, politiques et communicationnels
Dir. Badillo, Patrick-Yves
 Th. UNIGE 2018, SdS 99 | Web*: [111407](#)

VESELA, JANA

Adverse socio-professional events and couple's vulnerability: exploratory analyses of the role of conjugal configurations
Dir. Widmer, Eric
 Th. UNIGE 2017, SdS 78 | Web*: [112445](#)

Master your future.

Master Info Day

Programme
and
registration:
 WWW.
 masterinfoday.usi.ch



15 March
Campus
Lugano
8 March
Campus
Mendrisio



Università
della
Svizzera
italiana

Festival Histoire et Cité

HISTOIRES D'EAUX

27 – 31 MARS 2019

GENEVE
LAUSANNE, SION

■ HISTOIRE-CITE.CH



PAYOT



RTS LA 1ÈRE

Tribune de Genève

Unil
UNIL | Université de Lausanne

BIBLIOTHÈQUE
UNIVERSITÉ SÉCULARISÉE

mcah Musée cantonal des arts et de l'histoire



LES ARSENNAI

ÉCOLE D'ADMINISTRATION
DE LAUSANNE

UNIVERSITÉ
VILLE DE GENÈVE

Hes-SO GENÈVE

ÉCOLE SUIVEUSE
DE GENÈVE

UNIVERSITÉ
DE GENÈVE



D&D - Scoddesign | Photo: Station n° 22, Laurent Delcambre