LE MAGAZINE
SCIENTIFIQUE
DE L'UNIVERSITÉ
DE GENÈVE

N° 155
DÉCEMBRE 2023

CAMPUS

ANTHROPOCÈNE :
VIVRE AVEC LE RISQUE

P. 16 TEMPÉRATURES RECORD, INCENDIES GÉANTS, ÉBOULEMENTS, TEMPÊTES : L'ANNÉE 2023 A ÉTÉ MARQUÉE PAR **UNE SUCCESSION INÉDITE DE CATASTROPHES NATURELLES**. DES RISQUES CONTRE LESQUELS ON PEUT SE PRÉMUNIR.

L'INVITÉE
ESTHER DUFLO, UN PLAN MARSHALL POUR LE CLIMAT
PAGE 38

EXTRA-MUROS
FORAGE DANS LA BAIE DE BAFFIN
PAGE 42

TÊTE CHERCHEUSE
CHRISTINA HERTEL L'ENTREPRENEUSE RESPONSABLE
PAGE 46

UNIVERSITÉ DE GENÈVE

#unigevelo

UNIVERSITÉ
DE GENÈVE

CAMPUS

LE MAGAZINE SCIENTIFIQUE DE L'UNIVERSITÉ DE GENÈVE

N° 155
DÉCEMBRE 2023

04 ACTUS

RECHERCHE

10 ÉCOLOGIE
VINGT MILLE MANCHOTS, ÉMOIS, ÉMOIS, ÉMOIS

L'apprentissage profond a permis d'analyser des quantités immenses de données provenant du suivi de ces oiseaux et d'en déduire les succès ou les échecs de leurs tentatives de reproduction.

12 TECHNOLOGIE
UN POINÇON NUMÉRIQUE OFFRE UNE CERTIFICATION SANS CONTACT

Le mariage entre une technique de marquage de grande précision, mise au point par Phasis, un spin-off de l'UNIGE, et un système de certification numérique inviolable permet l'authentification et le suivi de n'importe quel objet de valeur.

14 PÉDAGOGIE
COMMENT RENOUER AVEC L'AUTORITÉ EN CLASSE

En s'appuyant sur un dispositif novateur permettant d'analyser l'exercice de l'autorité pédagogique en classe, une étude montre que les stratégies basées sur le « double adressage » s'avèrent particulièrement efficaces.

FSC www.fsc.org MIXTE Papier | Pour une gestion forestière responsable FSC® C154575

ANTHROPOCÈNE : VIVRE AVEC LE RISQUE

16 LE MODÈLE SUISSE
Températures record, incendies géants, glissements de terrain, tempêtes : l'année 2023 a été marquée par une succession de catastrophes naturelles. Des risques qui font désormais partie de notre quotidien, mais contre lesquels on peut se prémunir. Un domaine dans lequel la Suisse s'est dotée d'une stratégie que de nombreux pays lui envient.

24 LA GUERRE DE L'EAU N'AURA (SANS DOUTE) PAS LIEU
Si l'eau a été historiquement un vecteur de coopération plus que de conflit, de nouvelles tensions apparaissent en lien avec le changement climatique. Bien lotie dans ce domaine, la Suisse devra néanmoins procéder à des arbitrages pour faire face aux sécheresses annoncées.

26 LES TSUNAMIS SILENCIEUX DU LAC DE BRIENZ
La correction de l'Aar a provoqué quatre éboulements sous-lacustres suivis de tsunamis passés inaperçus. Le prochain pourrait cependant faire plus de dégâts.

28 LE BÉTON, CHANCE ET MALÉDICTION DES VILLES
Les îlots de chaleur se multiplient, mais on continue de construire massivement en béton. L'analyse d'Armelle Choplin, professeure au Département de géographie et environnement et à l'Institut d'études globales.

32 LA NATURE EST APPELÉE À L'AIDE
Les « solutions basées sur la nature » ont la capacité à réduire les incidences de désastres naturels tels que les crues, les éboulements ou encore les avalanches. Un projet européen qui vient de se terminer a étudié leur mise en œuvre dans des régions rurales de montagne.

35 SOUS LA MENACE DES VIDANGES DE LACS GLACIAIRES
Une étude récente démontre que le risque de crues dues à la rupture de lacs glaciaires dans la région de l'Himalaya et du plateau tibétain va tripler dans les décennies à venir.

Photo de couverture :
Cendres volcaniques à La Palma, îles Canaries, novembre 2021. Keystone

RENDEZ-VOUS

38 L'INVITÉE
ESTHER DUFLO, NOBEL DES PAUVRES

La lauréate du prix Nobel d'économie 2019 milite pour un « plan Marshall » qui permettrait aux pays pauvres les plus vulnérables de s'adapter aux conséquences des changements climatiques.

42 EXTRA-MUROS
FORAGE DANS LA BAIE DE BAFFIN

À bord d'un navire scientifique, Sandrine Le Houedec a participé à une mission qui est allée au-delà du 70e parallèle Nord pour récolter des carottes de sédiments couvrant les 15 derniers millions d'années.

46 TÊTE CHERCHEUSE
CHRISTINA HERTEL RÉINVENTE DEMAIN

Professeure assistante à l'Institut de management, Christina Hertel est spécialiste de l'entrepreneuriat communautaire, de la mesure de la durabilité et de l'impact des start-up. Portrait.

50 À LIRE

CAMPUS Université de Genève – Service de communication – Rue Général-Dufour 24 – 1211 Genève 4 – campus@unige.ch – www.unige.ch/campus/ **SECRÉTARIAT, ABONNEMENTS** T 022/379 77 17 **ÉDITEUR RESPONSABLE** Service de communication UNIGE, Didier Raboud **RESPONSABLE DE LA PUBLICATION** Marco Cattaneo **RÉDACTION** Vincent Monnet – Anton Vos **CORRECTRICE** Samira Payot – www.lepetitcorrecteur.com **GRAPHISME** Atelier Maron-S, Sandra Marongiu **IMPRESSION** Atar Roto Presse SA, Vernier **PUBLICITÉ** Go! Uni-Publicité SA – Fürstenlandtrasse 35 – CH-9000 St-Gall/Suisse – T 071/244 10 10 – http://www.go-uni.com/ – info@go-uni.com

| Reprise du contenu des articles autorisée avec mention de la source. Les droits des images sont réservés.

ACTUS

DEUX ÉTUDIANTES DE LA FTI RÉCOMPENSÉES PAR LES NATIONS UNIES

Sarah Galy (ci-dessus), étudiante de la Faculté de traduction et d'interprétation (FTI), a remporté le premier prix du 16e concours Saint-Jérôme dans la catégorie étudiante pour la traduction vers le français. Le concours Saint-Jérôme est organisé par les Nations unies. La FTI voit en outre une autre de ses diplômées, Rocío Gómez Zamora, gagner le premier prix du concours dans la catégorie personnel du système ONU en espagnol.

GUILLAUME ANDREY EST LAURÉAT DU PRIX 3R

Professeur au Département de médecine génétique et développement (Faculté de médecine), Guillaume Andrey est le lauréat du prix 3Rs 2023 décerné par le Centre de compétence 3R (Swiss 3RCC). Ce prix récompense ses travaux visant à réduire l'utilisation d'animaux transgéniques pour étudier les mécanismes génétiques régissant le développement embryonnaire. Pour cela, Guillaume Andrey a recours à une méthode de remplacement, appelée agrégation tétraploïde, qui permet d'obtenir des embryons de souris porteurs d'une configuration génétique précise à partir de cellules souches murines.

GÉNÉTIQUE ET ÉVOLUTION

Les migrations du passé sont racontées par l'ADN laissé par Néandertal

Il y a environ 40 000 ans, l'homme de Néandertal, qui vivait depuis des centaines de milliers d'années à l'ouest du continent eurasiatique, a cédé sa place à *Homo sapiens*, arrivé d'Afrique. Les deux espèces ont coexisté (et plus parfois) pendant quelques millénaires, aboutissant à l'intégration d'ADN du premier dans le génome du second. Comme le montrent Mathias Currat, maître d'enseignement et de recherche au Département de génétique et évolution (Faculté des sciences), et ses collègues dans un article paru le 18 octobre dans *Science Advances*, l'analyse de la distribution de ce matériel génétique au cours des 40 000 dernières années a permis de retracer quelques grandes étapes des migrations humaines du passé.

Aujourd'hui, le pourcentage d'ADN néandertalien chez *Homo sapiens* (environ 2 %) est un peu plus abondant dans les populations asiatiques qu'européennes. Les analyses statistiques sur 4000 génomes prélevés sur des ossements d'individus ayant vécu en Eurasie au cours des quarante derniers millénaires révèlent le contraire. Après la sortie d'*Homo sapiens* d'Afrique, les génomes des chasseurs-cueilleurs vivant en Europe contenaient en effet un taux d'ADN néandertalien légèrement plus important que ceux vivant en Asie, ce qui est logique puisque la présence de l'homme de Néandertal a été essentiellement rapportée dans l'ouest de l'Eurasie. Ce n'est que 10 000 à 5000 ans avant notre ère que la proportion d'ADN néandertalien baisse en Europe pour aboutir à un pourcentage légèrement inférieur à celui d'Asie. Cette diminution coïncide avec l'arrivée en Europe des premières populations agricoles d'Anatolie et de la mer Égée, elles-mêmes moins dotées d'ADN néandertalien que les habitants d'Europe. En se mélangeant, les génomes des individus venus d'Anatolie ont « dilué » un peu plus l'ADN de l'homme de Néandertal chez les populations européennes.

La rencontre entre « Homo sapiens » (gauche) et l'homme de Néandertal (droite).

PÉDIATRIE

L'air froid réduit les symptômes du faux croup des enfants

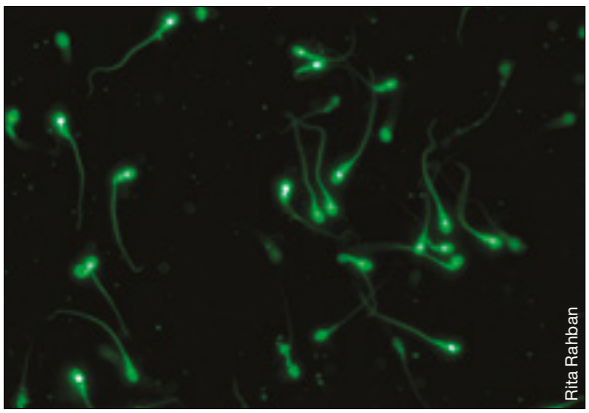
L'exposition à l'air froid extérieur est bénéfique pour réduire la sévérité des symptômes du faux croup chez les enfants, en particulier s'ils sont modérés. Ce qui n'était jusque-là qu'une intuition chez le personnel soignant et les parents vient de trouver une base scientifique grâce à une étude sur 118 enfants âgés de 3 mois à 10 ans, réalisée par une équipe de l'Université et des Hôpitaux universitaires de Genève et parue le 1er août dans *Pediatrics*.

Le faux croup, aussi appelé laryngotrachéite virale aiguë ou laryngotrachéobronchite, est la cause la plus fréquente d'obstruction aiguë des voies aériennes supérieures chez les enfants âgés de 6 mois à 3 ans. À l'origine de 3 à 5 % des consultations aux urgences pédiatriques, il se caractérise par l'apparition soudaine, principalement nocturne, d'une toux aboyante, semblable à celle d'un phoque, accompagnée d'un enrouement et d'un stridor (son ou sifflement) à l'inspiration. Le traitement du faux croup par les stéroïdes est efficace et prend effet après trente minutes. Dans cette étude, la moitié des enfants qui ont été exposés à l'air froid extérieur (10 °C) ont vu les symptômes s'améliorer avant que les stéroïdes prennent effet. Ce qui n'était pas le cas des enfants restés à l'intérieur.

MÉDECINE

L'usage intensif du téléphone portable nuit à la qualité du sperme

Selon une étude parue le 1er novembre dans *Fertility & Sterility*, une utilisation intensive du téléphone portable est associée à une baisse de concentration des spermatozoïdes. Plus précisément, la concentration de spermatozoïdes passe de 56,5 millions par millilitre chez les hommes ne faisant pas usage de leur téléphone plus d'une fois par semaine à 44,5 millions par millilitre chez ceux l'utilisant plus de 20 fois par jour, soit une diminution de 21%. La mobilité et la morphologie des petits gamètes mâles ne sont cependant pas affectées. Cette association inverse s'avère plus prononcée au cours de la première période d'étude (2005-2007) puis diminue progressivement avec le temps. Une tendance qui correspond au passage de la 2G à la 3G, puis de la 3G à la 4G, lesquelles ont entraîné une réduction de la puissance d'émission des téléphones. La position du téléphone – dans la poche du pantalon par exemple – ne semble, quant à elle, pas associée à des paramètres de sperme plus faibles. Ces résultats ont été obtenus grâce à une cohorte de 2886 soldats suisses âgés de 18 à 22 ans et recrutés entre 2005 et 2018 au sein de six centres de conscription militaire du pays dont les données ont été analysées par une équipe de scientifiques codirigée par Rita Rahban, maître-assistante au Département de médecine génétique et développement (Faculté de médecine). Le téléphone portable s'ajoute donc à une liste déjà assez longue de suspects (perturbateurs endocriniens, pesticides, radiations, nourriture, alcool, stress, tabac) responsables de la chute du nombre de spermatozoïdes dans les pays industrialisés. Selon l'Organisation mondiale de la santé, le pourcentage de chances de grossesse diminue dès que la concentration de spermatozoïdes est inférieure à 40 millions par millilitre.



Échantillon de spermatozoïdes humains rendus fluorescents.

MÉDECINE

Une équipe développe des « super CAR-T » contre le cancer du sang

En immunothérapie, l'utilisation de cellules dites « CAR-T » s'avère très efficace contre certains cancers du sang. Mais seulement chez la moitié des patients. La cause en est notamment le rapide dysfonctionnement de ces cellules immunitaires modifiées. Selon un article de la revue *Nature* du 20 septembre, une équipe de scientifiques dirigée par Denis Migliorini, professeur au Département de médecine (Faculté de médecine), a découvert comment prolonger leur fonctionnalité.

L'immunothérapie par cellules « CAR-T » consiste à prélever des cellules immunitaires – des lymphocytes T – chez une personne cancéreuse, à les modifier en laboratoire afin d'augmenter leur capacité à reconnaître et combattre les cellules tumorales, puis à les réinjecter. Les cellules CAR-T doivent cependant être massivement multipliées avant d'être administrées. Et ce processus, combiné à l'histoire médicale des patients, épuise les cellules qui atteignent la fin de leur cycle de vie sans avoir le temps d'agir sur la longueur.

Les scientifiques ont découvert que les lymphocytes T ont recours à un mécanisme de survie consistant à métaboliser de la glutamine, un acide aminé, comme source alternative d'énergie grâce à une réaction de « carboxylation réductrice ». Pour décrypter ce mécanisme, les scientifiques l'ont inhibé dans des cellules CAR-T prélevées sur des souris servant de modèles pour le cancer du sang. Ces cellules se sont alors multipliées normalement tout en ne perdant pas leur capacité d'attaque. Ces CAR-T présentent une mémoire immunitaire renforcée et sont capables de lutter contre les cellules tumorales beaucoup plus longtemps. Les souris ainsi traitées ont été quasiment guéries de leur cancer, un résultat bien au-delà des espérances.

LE SPIN-OFF AMAL THERAPEUTICS REÇOIT LE PRIX DE L'INNOVATION

AMAL Therapeutics, un spin-off de l'Université de Genève et des Hôpitaux universitaires de Genève, a reçu le Prix 2023 de l'innovation. Cette distinction est attribuée par la Chambre de commerce, d'industrie et des services de Genève dans le but de promouvoir et de valoriser le tissu économique genevois. Créé en 2012 par Madiha Derouazi (photo), ancienne collaboratrice de la Faculté de médecine, le laboratoire AMAL Therapeutics travaille sur trois vaccins visant à stimuler le système immunitaire de patients atteints d'un cancer colorectal, du pancréas ou des poumons.

PREMIER PRIX VENTURE POUR LA START-UP DIATHERIS

La start-up Diatheris a remporté le premier prix du concours Venture dans la catégorie Santé et nutrition. Venture est la compétition d'innovation la plus importante pour les start-up et l'entrepreneuriat en Suisse. Créée par Roberto Coppari, professeur au Département de physiologie cellulaire et métabolisme (Faculté de médecine), et par un de ses collaborateurs scientifiques, Giorgio Ramadori, Diatheris cherche à développer un nouvel agent thérapeutique qui permettrait aux diabétiques de type 1 de vivre sans insuline.

PSYCHIATRIE

La fonction du rêve n'est pas la même pour tout le monde

Selon que notre mode de vie est occidentalisé ou proche de celui des chasseurs-cueilleurs, les rêves ne remplissent pas exactement la même fonction. C'est ce qu'a montré une étude parue le 2 octobre dans *Scientific Reports* et dirigée par Lampros Perogamvros, privat-docent et chef de groupe de recherche aux départements de psychiatrie et des neurosciences fondamentales (Faculté de médecine) et médecin adjoint agrégé au Centre de médecine du sommeil des Hôpitaux universitaires de Genève.

Lui et son équipe ont comparé le contenu des rêves de membres de deux communautés d'agriculteurs-cueilleurs, les Bayaka en République démocratique du Congo et les Hadza en Tanzanie, avec celui de différents groupes d'individus vivant en Europe et en Amérique du Nord (Suisse, Belgique, Canada), y compris des personnes ayant des troubles psychiques. L'étude met en évidence le fait que les deux premiers groupes produisent davantage de rêves plus menaçants, mais aussi cathartiques et socialement orientés que les seconds.

Les scénarios des rêves des Bayaka et des Hadza sont en effet très dynamiques. Ils commencent souvent par une situation de danger, dans laquelle leur vie est en péril, mais finissent par mettre en scène un moyen de faire face à cette menace ou de l'écarter, contrairement aux scénarios des groupes occidentaux observés.

Chez les patients occidentaux qui souffrent de cauchemars ou d'anxiété sociale, les rêves sont également intenses mais ne contiennent pas de résolution émotionnelle cathartique. Dans ces derniers groupes, la fonction adaptative du rêve semble être déficitaire.

Chez les Bayaka et les Hadza, les liens sociaux sont par nécessité très forts. Par rapport aux sociétés plus individualistes d'Europe et d'Amérique du Nord, la vie quotidienne et la division du travail sont généralement plus égalitaires. C'est sur la base de ce type de liens que ces communautés traitent le contenu émotionnel associé à la menace dans leurs rêves. En fait, ces relations sont des outils émotionnels utilisés pour traiter les défis de la vie. L'équipe de recherche suggère ainsi qu'il existe une relation étroite entre la fonction des rêves et les normes et valeurs de chaque société spécifique étudiée.

LE PRIX DU RAYONNEMENT ACADÉMIQUE POUR MIKAËL PITTET

Professeur titulaire de la chaire Fondation Isrec en immuno-oncologie au Département de pathologie et immunologie (Faculté de médecine), Mikaël Pittet est le lauréat 2023 du Prix du rayonnement académique décerné par la Société académique vaudoise. Spécialiste de l'immunothérapie des cancers, il cherche à découvrir comment le système immunitaire contrôle le cancer et comment il peut être exploité à des fins thérapeutiques, notamment en améliorant l'efficacité des stratégies immunothérapeutiques.

LLUÍS FONTBOTÉ PRIMÉ PAR LA SOCIETY FOR GEOLOGY APPLIED TO MINERAL DEPOSITS

Lluis Fontboté, professeur à la Section des sciences de la Terre et de l'environnement, a reçu la médaille d'or SGA-Newmont 2023 par la Society for Geology Applied to Mineral Deposits. Cette distinction lui a été remise en reconnaissance de sa contribution scientifique à la géologie économique et à l'étude des gisements minéraux. Ses nombreux travaux au Pérou ont grandement contribué aux connaissances actuelles sur la géologie des minerais de ce pays andin.

MÉDECINE

Une nouvelle technique d'imagerie détecte mieux la maladie d'Alzheimer

La maladie neurodégénérative d'Alzheimer est caractérisée par l'accumulation dans le cerveau de protéines neurotoxiques, à savoir le peptide bêta-amyloïde et la protéine tau. Dans un article paru le 9 août dans *Alzheimer's & Dementia : The Journal of the Alzheimer's Association*, Valentina Garibotto, professeure associée au Département de radiologie et informatique médicale (Faculté de médecine), et ses collègues ont démontré que le « PET tau » – une technique d'imagerie très récente permettant de visualiser la protéine tau – est capable de mieux prédire la rapidité du déclin cognitif des patients et des patientes, même sans symptômes marqués au départ, que les techniques d'imagerie habituellement utilisées. Ces résultats plaident pour l'introduction rapide de cet examen dans la routine clinique afin d'apporter aux malades des solutions précoces et individualisées.

La maladie d'Alzheimer entraîne une perte progressive de la mémoire et de l'autonomie. Évoluant à bas bruit pendant des décennies, son diagnostic très précoce est essentiel afin d'intervenir le plus tôt possible dans le processus pathologique. À l'heure actuelle, le principal outil de diagnostic de la maladie est la tomographie par émission de positons (PET), une technique d'imagerie où l'injection de traceurs permet de visualiser les processus pathologiques spécifiques dans le cerveau. Il existe des traceurs spécifiques de l'amyloïde et du glucose, qui indiquent la capacité du cerveau à utiliser correctement ses ressources énergétiques. Approuvé en 2020 par la Food and Drug Administration (FDA), le radiotraceur se liant à la protéine tau permet depuis peu d'observer l'accumulation de cette molécule dans le cerveau et, surtout, sa distribution.

ASTRONOMIE

La formation de trous noirs binaires serait plus fréquente que prévu

La première détection d'une onde gravitationnelle en 2015, provoquée par la fusion de deux trous noirs d'environ 30 fois la masse du Soleil et situés à 1,5 milliard d'années-lumière, a ouvert un nouveau champ d'exploration astronomique. Depuis, des dizaines d'observations similaires ont eu lieu, incitant les scientifiques à sonder l'origine de ces signaux. Grâce aux récentes avancées du projet Posydon, un outil informatique utilisé au départ pour simuler des populations d'étoiles binaires et qui a été « adapté » au cas des trous noirs binaires, Simone Bavera, postdoctorant au Département d'astronomie (Faculté des sciences) et ses collègues prédisent un taux de formation plus élevé que prévu de couples de trous noirs massifs en fusion, de 30 masses solaires, dans des galaxies similaires à la Voie lactée. Ces résultats ont été publiés le 29 juin dans Nature Astronomy. Les trous noirs sont des objets célestes nés de l'effondrement d'étoiles dont la masse peut atteindre jusqu'à plusieurs centaines de fois celle du Soleil. Leur champ gravitationnel est si intense que ni la matière ni le rayonnement ne peuvent en sortir. La fusion de deux trous noirs est un phénomène si puissant qu'il crée des ondes gravitationnelles que des observatoires sur Terre peuvent désormais détecter.

Un trou noir de 31,5 masses solaires et un autre de 8,38 masses solaires, vus devant leur pouponnière stellaire (générée par ordinateur) avant leur fusion.

AARON M. GELLER / NORTHWESTERN & S. BRUNIER / ESO

ENVIRONNEMENT

Une plateforme sur Internet traque l'extraction du sable marin

L'industrie du dragage marin déterre 6 milliards de tonnes de sable par an, soit l'équivalent de plus d'un million de camions par jour. Un phénomène qui a un impact significatif sur la biodiversité et les communautés habitant les côtes. Présentée au public le 6 septembre dernier, une nouvelle plateforme de données accessible par Internet, Marine Sand Watch, permet de suivre, en naviguant sur le globe terrestre, les activités de dragage de sable, d'argile, de limon, de gravier et de roche dans toutes les mers du monde, y compris dans les points chauds de ce secteur que sont la mer du Nord, l'Asie du Sud-Est et la côte est des États-Unis. Développé par GRID-Genève, un centre d'analyse du Programme des Nations unies pour l'environnement (PNUE) en partenariat avec l'Université de Genève et l'Office fédéral de l'environnement, cet outil très complet allie le système d'identification automatique des navires et l'intelligence artificielle pour identifier les opérations des navires de dragage. En sélectionnant les bons paramètres, il est ainsi possible d'obtenir des informations sur les concessions allouées à l'extraction de sable, sur les zones de dragage, sur les ports et les centres de commerce de cette ressource, sur le nombre de navires et d'opérateurs, sur le prélèvement de sédiments et sur bien d'autres types d'activités (entretien des chenaux, projets d'agrandissement des terres sur la mer) menées par les États dans leurs zones économiques exclusives. Marine Sand Watch ne peut toutefois pas encore détecter l'exploitation minière artisanale et à très petite échelle le long des côtes peu profondes, bien que cette activité soit intense dans certaines régions.

Une drague, après avoir aspiré les sédiments des fonds marins, vide l'eau boueuse contenue dans ses cales, troublant la mer.

GÉNÉTIQUE

Maladie de Parkinson : les neurones sont plus vulnérables la nuit

Les perturbations du sommeil et de l'horloge biologique interne sont fréquemment associées à la maladie de Parkinson, caractérisée par la destruction des neurones dits dopaminergiques. Cependant, le lien entre le cycle circadien et le processus de dégénérescence des neurones reste incertain. Emi Nagoshi, professeure associée au Département de génétique et évolution (Faculté des sciences), et ses collègues apportent quelques éclaircissements dans un article paru le 22 septembre dans la revue *Nature Communications*. En utilisant la mouche du vinaigre comme modèle d'étude, les scientifiques ont découvert que le type de stress cellulaire impliqué dans la maladie de Parkinson est plus délétère pour les neurones lorsqu'il survient durant la nuit. Des expériences complémentaires sur des insectes transgéniques dont l'horloge biologique a été perturbée suggèrent aussi que cette dernière exerce un effet protecteur sur les neurones dopaminergiques contre le stress oxydatif.

La majorité des cas de Parkinson résulte d'une interaction entre de multiples facteurs de risques génétiques et l'exposition à des facteurs environnementaux tels que les pesticides, les solvants et la pollution de l'air tout au long de la vie. Les résultats obtenus dans cette étude, qui devraient encore être répliqués chez l'être humain, montrent qu'un facteur de stress oxydatif, tel qu'un pesticide, administré à un moment précis de la journée peut avoir un impact critique sur la survie des neurones dopaminergiques.

MICHAEL CRÉTIGNIER ET SIMONE BAVERA SONT LAURÉATS DU PRIX EDITH ALICE MÜLLER

Michael Crétignier (à gauche) et Simone Bavera (à droite), chercheurs au Département d'astronomie (Faculté des sciences), sont les lauréats de l'Edith Alice Müller Award 2023 décerné par la Société suisse d'astrophysique et d'astronomie. Cette distinction leur est attribuée pour leurs thèses portant respectivement sur l'amélioration de la précision des techniques de détection de planètes extrasolaires et sur l'origine des fusions de trous noirs de masse stellaire, sources d'ondes gravitationnelles (*lire aussi en page 7*).

L'ACADÉMIE FRANÇAISE DISTINGUE PAUL-ALEXIS MELLET

Professeur d'histoire à l'Institut d'histoire de la Réformation (Faculté des lettres), Paul-Alexis Mellet s'est vu attribuer le prix Monseigneur Marcel 2023 pour son ouvrage *Les Remontrances. Discours de paix et de justice en temps de guerre. Une autre histoire des guerres de Religion (France, v. 1557-v. 1603)*. Paul-Alexis Mellet cherche à savoir en quoi, dans le contexte des guerres de Religion, les « remonstrances » (textes imprimés paraissant en France pendant les conflits politiques et religieux de la fin du XVIe siècle) se distinguent des doléances, des requêtes, des harangues, suppliques et autres plaintes.

THÈSES

Toutes les thèses sont consultables dans l'archive ouverte de l'UNIGE :
https://archive-ouverte.unige.ch

LETTRES

Henri IV et son panache blanc ou la poésie au service du trône

En août 1589, à la suite de l'assassinat d'Henri III par le couteau d'un moine catholique fanatique, le roi de Navarre, Henri de Bourbon, monte sur le trône de France. Face à ce prince huguenot se dresse la Sainte-Ligue. Ce parti qui s'est donné pour but la défense de la religion catholique contre le protestantisme tient, notamment grâce au soutien de l'Espagne, la majeure partie des provinces et des villes du royaume et, en premier lieu, Paris. Personnage pragmatique (comme le prouve sa conversion en 1593) et doté d'un sens politique très aiguisé, le nouveau souverain accompagne sa reconquête militaire d'une politique de clémence et de réconciliation, tout en prônant une forme d'union sacrée contre les véritables ennemis de la France, à savoir les puissances étrangères. Pour faire passer ces messages, Henri IV s'appuie, entre autres, sur de dévoués hérauts, les poètes « politiques » (catholiques modérés) et protestants, qui vont fourbir leurs plumes comme autant d'épées mises au service de la monarchie. En reprenant les mots d'ordre du roi et de son entourage, ces auteurs, dont beaucoup suivent une carrière militaire ou administrative, donnent naissance à une forme de poésie politique inédite, dans laquelle on peut reconnaître les débuts de la propagande moderne.

« Ralliez-vous à mon panache blanc ! - La poésie au service d'Henri IV et de la cause royale, de l'accession au trône au Traité de Lyon (1589-1601) », thèse en lettres, par Nicolas Jean Ducimetière, dir. Frédéric Tinguely, 2023.
archive-ouverte.unige.ch/unige : 170695

SCIENCES DE LA SOCIÉTÉ

Les nouveaux Suisses

Outre son impact sociétal, notamment au regard du discours sur la question de l'immigration, la naturalisation exerce une influence sur différents pans de la vie des individus, que ce soit en matière de mobilité ou d'intégration économique, sociale et politique, modifiant du même coup de manière déterminante les trajectoires de vie. Cette thèse vise à enrichir la compréhension du processus de naturalisation ainsi que de différentes étapes qui le constituent, en s'appuyant sur le cas particulier de la Suisse. Outre une mise en lumière des tendances et enjeux contemporains de la naturalisation par la voie ordinaire et facilitée en Suisse, l'étude documente certaines disparités d'accès au passeport. Ce faisant, elle met en évidence certains facteurs d'inclusion ou d'exclusion caractéristiques de la politique de naturalisation suisse ainsi que des éléments d'encouragement ou de découragement à aspirer ou engager une procédure.

« Acquisitions de la nationalité suisse : de l'intention à l'(im)mobilité », thèse en sciences de la société, par Aurélie Pont, dir. Philippe Wanner, 2023.
archive-ouverte.unige.ch/unige : 171338

DROIT

La dignité humaine face aux progrès biotechnologiques dans le monde hospitalier

La dignité humaine figure, en ce XXIe siècle, au cœur de tous les débats, qu'ils soient philosophiques, scientifiques ou juridiques. Concept sans définition claire et univoque, il s'agit pourtant d'un principe fondamental qui vise essentiellement à protéger la valeur intrinsèque de l'être humain. L'étude des différentes approches historiques et traditionnelles qui fondent la notion de dignité et de leur influence sur le discours juridique permet de confirmer l'importance et la portée du principe de dignité humaine en droit tant interne qu'international. Face aux rapides progrès scientifiques en matière de technologies biomédicales, la notion de dignité est réaffirmée afin de pallier les risques d'instrumentalisation et de réification de l'être humain. Une question demeure cependant : le concept de dignité humaine peut-il être étendu à la protection de la de l'être humain prénatal ? Cette étude propose d'abandonner la traditionnelle distinction opposant les personnes aux choses pour aborder la protection juridique de l'être humain prénatal sous l'angle du principe de respect de la dignité humaine.

« Penser le principe de respect de la dignité humaine face aux enjeux bioéthiques et aux progrès biotechnologiques actuels à l'hôpital, thèse en droit, par Léa Wunderli, dir. Alexis Keller, 2023 **archive-ouverte.unige.ch/unige : 171740**

Abonnez-vous à « Campus »!

par e-mail (campus@unige.ch), en scannant le code QR ou en envoyant le coupon ci-dessous :

☐ Je souhaite m'abonner gratuitement à « Campus »

Nom

Prénom

Adresse

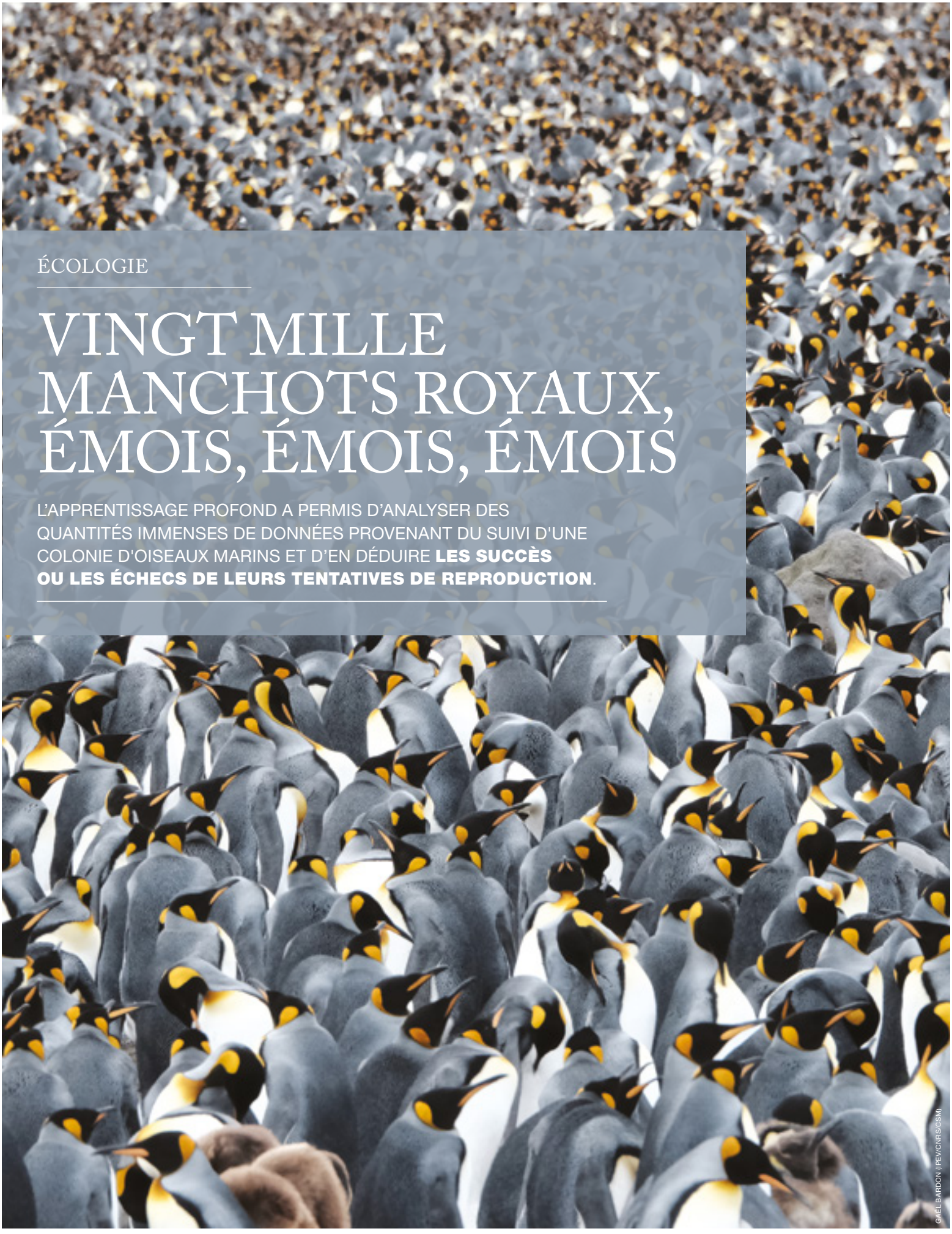
N° postal/Localité

Tél.

E-mail

Découvrez les recherches genevoises, les dernières avancées scientifiques et des dossiers d'actualité sous un éclairage nouveau.
L'Université de Genève comme vous ne l'avez encore jamais lue !

Université de Genève
Service de communication
24, rue Général-Dufour
1211 Genève 4
campus@unige.ch
www.unige.ch/campus



ÉCOLOGIE

VINGT MILLE MANCHOTS ROYAUX, ÉMOIS, ÉMOIS, ÉMOIS

L'APPRENTISSAGE PROFOND A PERMIS D'ANALYSER DES QUANTITÉS IMMENSES DE DONNÉES PROVENANT DU SUIVI D'UNE COLONIE D'OISEAUX MARINS ET D'EN DÉDUIRE **LES SUCCÈS OU LES ÉCHECS DE LEURS TENTATIVES DE REPRODUCTION**.

GAËL BARDON (IPEV/CNRS/CSM)

Colonies de manchots royaux de plusieurs dizaines de milliers de couples reproducteurs (archipels Crozet et îles Kerguelen).

Grâce à la technique de l'« apprentissage profond », qui est une forme d'intelligence artificielle, une équipe de scientifiques a mis au point une application capable d'interpréter quasiment en direct le comportement d'une population d'animaux dont le suivi est assuré grâce à une puce placée sous la peau. Dans un article paru le 23 août dans la revue *Methods in Ecology and Evolution*, les chercheuses et les chercheurs européens et américains, dont fait partie Michel Gauthier-Clerc, actuellement directeur du Scienscope de l'Université de Genève, ont montré que cette méthode permettait, d'une part, de classer automatiquement – et avec succès – les saisons de reproduction et, d'autre part, de déduire les paramètres classiques de reproduction et de survie d'une population de manchots royaux vivant dans l'archipel Crozet et les îles Kerguelen, dans l'océan Austral. L'expérience a ensuite été reproduite sur une population de manchots d'Adélie, une espèce vivant sur le continent antarctique et dont le cycle de reproduction est très différent de celui des manchots royaux.

De nombreuses espèces dans le monde, sur terre et dans les environnements aquatiques, sont actuellement suivies à l'aide de la technologie d'identification par radiofréquence (RFID). Celle-ci se base sur une puce injectée sous la peau de l'animal lors d'une capture initiale qui a également permis de déterminer son sexe et son âge. Le dispositif contient un numéro d'identification pour chaque individu. Une antenne détecte ensuite son passage ou sa présence à chaque fois qu'il s'en approche.

« *Dans le cas des manchots royaux des îles de Crozet et de Kerguelen, nous avons injecté la puce dans une patte et placé les antennes en travers de ce qu'on appelle les 'autoroutes à manchots'* », détaille Michel Gauthier-Clerc, qui a lancé le suivi de ces populations en 1998 dans le cadre de sa thèse et dont le travail est actuellement repris par son ancienne doctorante Céline Le Bohec, chercheuse au CNRS et dernière auteure de l'article. « *Cela nous permet de savoir quand les oiseaux quittent la colonie et quand ils y retournent. Cette étude, qui dure depuis maintenant vingt-cinq ans, a permis de suivre plus de 20 000 oiseaux.* »

Les manchots royaux ont un cycle de reproduction qui s'étale sur une année entière. Pendant ce temps, le mâle et la femelle s'occupent de leur œuf, puis du petit, en alternance quand l'autre membre du couple part se nourrir. Chaque rotation dure environ deux semaines en été durant lesquelles l'un des deux refait sa réserve de graisse en chassant dans les eaux froides et riches situées dans le sud des archipels. Les manchots peuvent nager sur des distances allant jusqu'à 250 km pour s'alimenter.

« *La durée de cette absence peut varier d'une année à l'autre en fonction de la disponibilité des ressources, elles-mêmes tributaires des conditions océaniques*, explique Michel Gauthier-Clerc. *Celles-ci changent lors d'événements climatiques majeurs tels que les épisodes d'*El Niño *dans le Pacifique et, surtout, sous l'effet du réchauffement global. Par conséquent, si le manchot doit s'absenter trop longtemps, son partenaire resté dans la colonie va commencer à manquer de réserves de graisse et risque de délaisser l'œuf ou le petit pour aller se ravitailler, mettant ainsi en péril sa progéniture.* »

LES MANCHOTS PEUVENT NAGER SUR DES DISTANCES ALLANT JUSQU'À 250 KM POUR S'ALIMENTER.

Le simple enregistrement des passages des oiseaux grâce à la RFID, la connaissance de leur âge et de leur sexe, permet donc de déduire le succès de leur cycle reproductif. Le problème, c'est que, pour y parvenir, cette méthode exige un travail d'analyse très laborieux et source d'erreurs car jusqu'ici réalisé manuellement par les scientifiques.

La mise au point de la nouvelle application d'apprentissage profond, baptisée RFIDeep, change radicalement la donne. Celle-ci est en effet capable de traiter de grandes quantités de données telles que celles contenant les allées et venues de plus de 20 000 manchots durant vingt-cinq ans et permet de déterminer avec précision si un individu a tenté de se reproduire, s'il l'a fait avec succès, et ce, tout au long de sa vie.

Les données RFID peuvent aussi être traitées et analysées automatiquement en temps quasi réel. Cela signifie que l'on peut limiter encore plus la présence des scientifiques sur le terrain et donc diminuer les perturbations des populations étudiées, baisser les coûts des missions et améliorer la qualité du suivi.

Selon les scientifiques, cette méthodologie pourrait facilement être adaptée à de nombreuses espèces suivies par RFID, y compris d'autres oiseaux tels que les hiboux et les colibris, ainsi que des suivis de saumons, de chauves-souris, de koalas ou encore de bourdons.

« *Cette technologie basée sur l'apprentissage profond, offre un traitement automatisé et standardisé de données massives et leur intégration en continu*, précise Céline Le Bohec. *Elle permet de gérer et de sécuriser les séries temporelles biologiques à long terme et d'optimiser leur utilisation ainsi que leur réutilisation. C'est essentiel pour répondre aux principes FAIR [soit les bonnes pratiques visant à une diffusion optimale des données de recherche, permettant d'assurer leur visibilité, leur découverte et leur réutilisation, ndlr]. Ces informations en temps réel sur l'état de santé des populations et de leurs écosystèmes sont aussi capitales pour alerter nos gouvernements et mettre en œuvre rapidement des mesures de conservation efficaces.* »

Dans le cas du manchot royal, certaines populations ont, dans le passé (il y a des dizaines de milliers d'années), déjà connu des chutes d'effectifs, en général à cause d'un froid trop intense. Elles ont alors pu trouver des zones refuges plus au nord, comme le Chili, et se reconstituer par la suite. Aujourd'hui, ce sont plutôt des températures trop élevées qui posent problème et perturbent l'approvisionnement des oiseaux marins. À cela s'ajoute la pression des entreprises de pêche dont les activités se déplacent de plus en plus vers le sud et menacent de se servir dans le garde-manger déjà fragilisé des manchots. « *Les perspectives pour cette espèce ne sont pas joyeuses*, estime Michel Gauthier-Clerc. *Les études montrent que la probabilité d'un écroulement massif de leurs populations dans les années qui viennent est forte. Il est cependant possible d'agir en préservant des zones refuges comme des aires marines protégées sans pêche.* »

Anton Vos

TECHNOLOGIE

UN POINÇON NUMÉRIQUE OFFRE UNE CERTIFICATION SANS CONTACT

LE MARIAGE ENTRE UNE TECHNIQUE DE MARQUAGE DE GRANDE PRÉCISION, **MISE AU POINT PAR PHASIS, UN SPIN-OFF DE L'UNIGE**, ET UN SYSTÈME DE CERTIFICATION NUMÉRIQUE INVIOLABLE PERMET L'AUTHENTIFICATION ET LE SUIVI DE N'IMPORTE QUEL OBJET DE VALEUR.

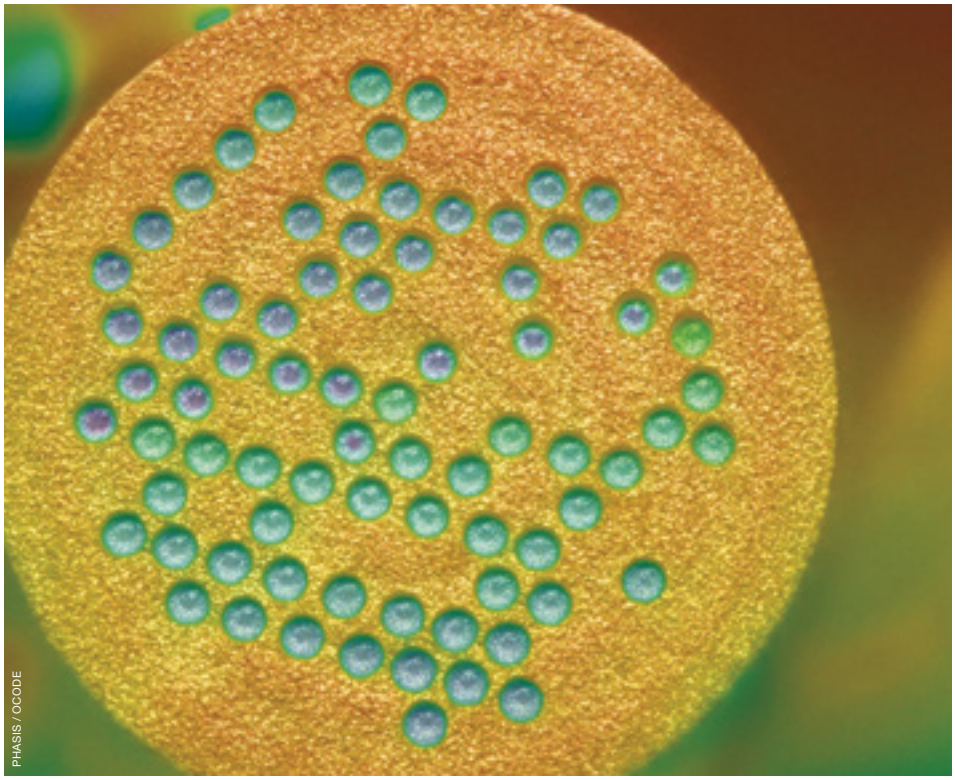
Une gravure miniature et sans bavure, esthétique, applicable sur n'importe quel métal et représentant un code qui donne accès à un coffre-fort digital inviolable, lequel contient toutes les informations que l'on veut bien y placer : c'est le poinçon ultime, le marquage offrant une traçabilité et une authentification sans faille dont rêvent les fabricant-es d'objets à haute valeur ajoutée, du domaine de l'horlogerie et la joaillerie à celui de l'aérospatial en passant par le secteur des instruments médicaux. Cette technologie anti-contrefaçon de pointe a été présentée le 12 octobre en avant-première lors des journées du savoir-faire horloger « Autour du temps » à Plan-les-Ouates. Elle allie, d'un côté, un système de certification numérique sous la forme d'un NFT (*non fungible token*) faisant appel à une blockchain (une technique informatique sur laquelle se basent notamment les cryptomonnaies) et, de l'autre, une méthode de gravure ultra-précise et sans contact. Le premier a été développé par une petite entreprise française, Ocode. La seconde a été mise au point par des physicien-nes de l'Université de Genève dans le cadre du Pôle de recherche national sur les matériaux aux nouvelles propriétés électroniques (MaNEP) et est commercialisée par Phasis, spin-off de l'UNIGE cofondé et dirigé par Jorge Cors, chargé de mission au Département de physique de la matière quantique (DQMP, Faculté des sciences). Conjointes, les deux technologies forment un poinçon numérique discret, facile à apposer, qui représente un code lié à un certificat d'authenticité confidentiel unique pour chaque objet marqué.

Concrètement, le code se constitue d'un ensemble de 121 points disposés selon un hexagone parfait. Sur cette matrice en nid d'abeille, certains points sont gravés et d'autres non. Cela produit une figure similaire au code QR, aujourd'hui très en vogue, qui possède 2^{121} combinaisons possibles. Ce nombre est assez gigantesque (plusieurs milliards de milliards de milliards de milliards) pour couvrir les besoins de certification sur un temps raisonnablement long. La taille de la gravure ne dépasse pas les 2 millimètres de diamètre et peut être scannée à l'aide d'un téléphone mobile assez récent. Une astuce – gardée sous le sceau du secret industriel – permet de reconnaître à coup sûr l'orientation de l'Ocode.

Microscope à effet tunnel L'apposition de ce code sur les objets métalliques fait appel à une technologie dérivée du microscope à effet tunnel. Cet appareil aujourd'hui abondamment utilisé dans les laboratoires de physique exploite une propriété de la physique quantique. Il est muni d'une pointe extrêmement effilée circulant très près d'une surface sans jamais la toucher. Soumise à une tension électrique, cette pointe est capable de détecter – et de manipuler – des objets aussi minuscules que des atomes isolés.

« *Les chercheurs et les chercheuses du Pôle de recherche MaNEP ont imaginé détourner la fonction de cet instrument pour que, de microscope, il devienne graveur de métal et même sertisseur*, raconte Christoph Renner, professeur au DQMP. *Les scientifiques ont notamment modifié les paramètres électroniques (tension, courant, etc.), tout en conservant la précision de l'instrument. C'est ainsi qu'ils ont réussi à faire en sorte que l'interaction (toujours sans contact) entre la pointe et la surface puisse faire fondre un métal et le moduler à l'échelle microscopique.* »

Le résultat est d'une très grande précision. Chaque petit trou creusé par cette technique (dont la taille peut descendre sous le micron, si nécessaire) dessine un cercle régulier présentant des bords très nets, sans



Le nuage de points, propriété déposée par l'entreprise Ocode, est miniaturisé par le spin-off de l'UNIGE Phasis. Il peut être gravé sur n'importe quel type de métal, en respectant l'intégrité de la pièce sur laquelle il s'appose.

aspérités ni dépouilles, un standard que les lasers de découpe, par exemple, n'arrivent pas à atteindre. Le rendu peut donc être particulièrement esthétique, ce qui permet, le cas échéant, d'intégrer le petit code hexagonal dans la décoration d'un bijou ou d'une montre. L'opération n'applique aucune force ni pression ; les pièces délicates, comme certains mécanismes horlogers, ne risquent donc pas d'être déformées. Enfin, l'instrument de gravure est assez petit pour tenir sur un bureau.

Poinçon de Genève «*Au début, nous destinions notre système à l'horlogerie, très présente dans le tissu industriel genevois*, explique Jorge Cors. *Nous l'avions même perfectionné en baignant le dispositif pointe-surface dans un gel comportant un mélange de nanoparticules de différents métaux. La décharge électrique de la pointe, en plus de graver la surface, fait fondre cette poudre métallique en suspension qui se dépose alors sous forme d'alliage dans le sillon. La composition de cet alliage peut être modifiée à volonté. Nous avons déposé un brevet (au nom de l'Université) sur cette invention et nous avons créé le spin-off Phasis pour tenter de la commercialiser.*»

La première idée d'application qui s'est concrétisée est le poinçon de Genève, la marque qui certifie qu'une montre est bel et bien fabriquée et assemblée localement. Depuis 125 ans, elle est apposée par choc mécanique sur les pièces délicates de l'horlogerie de luxe. La technique de marquage nettement moins brutale et plus respectueuse des composants manufacturés proposée par Phasis a séduit une marque genevoise haut de gamme. Plus de 100 000 poinçons ont été apposés sur des montres jusqu'à ce que la start-up genevoise doive stopper cette activité en décembre 2017. Phasis connaît alors une traversée du désert, mais réussit à conserver son savoir-faire et le petit réseau industriel indispensable au redémarrage de ses activités à plus grande échelle. En attendant des temps meilleurs, elle se concentre sur une activité annexe qu'elle mène depuis le début, c'est-à-dire le dépôt d'or en couches minces sur des plaquettes servant aux analyses microbiologiques au microscope. L'occasion d'un renouveau se présente en mars 2023 avec Ocode, une entreprise d'informatique de Nantes fondée en 2016 et qui emploie actuellement 35 personnes. Le code qu'elle a développé était à l'origine destiné à marquer les vélos de particuliers pour pouvoir les authentifier facilement s'ils sont retrouvés après un vol, avant de s'élargir à d'autres objets. La lecture du code d'Ocode donne accès, via un mot de passe, à un certificat numérique hébergé dans une blockchain appartenant à l'entreprise française et est décrite comme étant non énergivore et non spéculative. Ce certificat numérique, ou NFT, contient l'intégralité des informations associées au produit par le fabricant (certificat d'authenticité, contrat de garantie, ligne de vie, conseils d'entretien, etc.). La technologie des blockchains offre la possibilité de transférer la propriété de l'objet à un acheteur et de suivre ainsi son parcours de main en main, de génération en génération.

Par hasard C'est en cherchant de nouveaux marchés que les responsables d'Ocode tombent par hasard sur un article (lire aussi Campus n° 120) parlant des travaux de Phasis. Une idée naît dans leur esprit, le contact est pris et les choses s'enchaînent rapidement. Le concept du partenariat entre les deux entités consiste à marquer des objets de valeur avec le code hexagonal nantais, et ce, grâce à la technologie de gravure genevoise qui permet de réaliser facilement un travail miniaturisé, propre et discret. L'innovation a été déposée à l'Institut national de la propriété industrielle par les deux entreprises en août 2023.

«*Notre solution facilite la traçabilité et l'authentification d'objets de valeur mais aussi de composants critiques pour la sécurité*, estime Jorge Cors. *Cela peut être très intéressant dans des domaines de haute technologie, telle l'aviation. Elle permet, par exemple, de décourager le marché gris si dans un crash d'avion, on retrouve des pièces contrefaites dans les réacteurs, parce qu'elles ne possèdent pas de certification. Ces codes offriraient aussi la possibilité de vérifier si des instruments de chirurgie sont certifiés et conformes à une loi en la matière que l'Union européenne est sur le point d'adopter (et sur laquelle la Suisse s'alignera probablement).*»

Les exemples sont légion. Des contacts ont déjà été pris notamment avec des constructeurs aéronautiques et Arianespace.

Anton Vos

https://www.phasis.ch/
http://www.ocode.fr/

Pour les besoins de leur recherche, Valérie Lussi Borer et Vanessa Joinel Alvarez ont suivi pendant plusieurs mois 24 classes du secondaire I dans le canton de Vaud (image d'illustration).

PÉDAGOGIE

COMMENT RENOUER AVEC L'AUTORITÉ EN CLASSE

EN S'APPUYANT SUR UN DISPOSITIF NOVATEUR PERMETTANT D'ANALYSER L'EXERCICE DE **L'AUTORITÉ PÉDAGOGIQUE EN CLASSE**, UNE ÉTUDE MONTRE QUE LES STRATÉGIES BASÉES SUR LE « DOUBLE ADRESSAGE » S'AVÈRENT PARTICULIÈREMENT EFFICACES.

Comment faire en sorte qu'un groupe de jeunes élèves accepte de s'engager dans un processus d'apprentissage qui a toutes les chances de se révéler ponctuellement inconfortable, qui exigera de la persévérance et dont les résultats seront différés dans le temps. Le tout pour l'obtention d'un diplôme qui ne suffira peut-être pas à garantir leur avenir professionnel ? À défaut d'une solution miracle, l'article publié en novembre dernier dans la revue *Teaching and Teacher Education* par Valérie Lussi Borer, professeure associée au sein de l'Institut universitaire de formation des enseignants (Faculté de psychologie et des sciences de l'éducation) et Vanessa Joinel Alvarez, professeure associée à l'Unité d'enseignement et de recherche Agirs de la Haute école pédagogique du canton de Vaud, propose quelques éléments de réponse à cette question aussi vieille que l'école elle-même. Les résultats de ce travail innovant, basé sur une thèse de doctorat soutenue à l'UNIGE en 2021, montrent en effet que les stratégies basées sur le « double adressage » – soit le fait de s'adresser simultanément, à travers deux canaux de communication différents, à plusieurs élèves ou groupes d'élèves – s'avèrent particulièrement efficaces tant pour obtenir l'adhésion de la classe que pour assurer aux enseignant-es un exercice de leur métier conforme à leurs attentes.

Nouvelles pistes L'érosion des figures traditionnelles (policier, prêtre, parents, médecins, instituteur...) ainsi que la montée en puissance de l'individualisme et des droits de l'enfant font qu'aujourd'hui le respect de l'enseignant-e n'est plus acquis d'entrée de jeu. Il doit se gagner en mobilisant d'autres ressources que la menace, la contrainte ou l'habitude qui sont liées à l'exercice d'une autorité traditionnelle ou à l'autoritarisme. D'où la nécessité d'explorer de nouvelles pistes.

« *Il existe de très nombreuses recherches sur l'autorité en classe,* note Valérie Lussi Borer. *Mais la plupart d'entre elles restent très théoriques, s'attachant surtout à observer ou à répertorier les bonnes pratiques. L'aspect novateur de notre étude consistait à comprendre de manière très concrète ce que signifiait le fait d'exercer son autorité de manière satisfaisante pour un-e enseignant-e en mettant l'accent sur le type d'interaction qu'il ou elle pouvait entretenir avec sa classe.* »

« NOUS VOULIONS AVOIR ACCÈS À TOUT CE QUI SE PASSE DANS LA TÊTE DE L'ENSEIGNANT DANS UN MOMENT CLÉ. »

Pour y parvenir, les deux chercheuses ont utilisé un dispositif vidéo automatisé permettant de suivre les faits et gestes des enseignant-es et d'enregistrer leurs échanges avec les élèves. Le système, qui permet de ne pas interférer dans le déroulement des cours, a permis de suivre pendant plusieurs mois dix enseignant-es exerçant dans le canton de Vaud auprès de 24 classes du secondaire I regroupant quelque 433 élèves âgés de 12 à 15 ans.

Les enseignant-es ont ensuite été prié-es de choisir un certain nombre de séquences jugées particulièrement significatives par rapport à l'exercice de l'autorité avant que celles-ci ne soient minutieusement décortiquées dans le cadre d'un entretien dit d'« autoconfrontation ».

« *Ils avaient pour consigne de décrire ce qu'ils avaient pensé ou ressenti durant ce moment,* précise Vanessa Joinel Alvarez. *Quelles étaient leurs préoccupations, leurs attentes, leurs émotions ? A quoi avaient-ils fait attention, pourquoi avaient-ils décidé de réagir ou de ne pas réagir ? Nous voulions avoir accès à tout ce qui se passe dans la tête de l'enseignant-e dans un moment clé, ce qui nous échappe généralement dans les études traditionnelles.* »

Les résultats obtenus ont tout d'abord permis de mettre en évidence le fait que certains moments de la période d'enseignement sont plus critiques que d'autres et en particulier ceux qui sont liés aux transitions comme l'entrée en classe, le passage d'une activité individuelle à une activité collective (et inversement) ou l'annonce des devoirs qui survient en général en fin de leçon.

ISTOCK

Au-delà de ce constat, les deux chercheuses ont surtout mis en évidence que les catégorisations habituellement utilisées pour décrire les interactions entre l'enseignant-e et les élèves ne reflétaient que partiellement la réalité.
« *Dans la littérature, on trouve trois modalités principales pour décrire ce type de situation,* explique Vanessa Joinel Alvarez. *Soit l'enseignant s'adresse à un seul élève, soit il s'adresse à un sous-groupe d'élèves, soit il destine son message à l'ensemble de la classe. Or, ce que nous avons constaté dans le cadre de cette étude, c'est que dans un cas sur trois, les enseignants ne sont pas dans des adressages simples tels que précités, mais qu'ils communiquent simultanément, à travers des canaux différents, à plusieurs élèves ou groupes d'élèves.* »
Concrètement, afin d'éviter la propagation d'un comportement perturbateur au reste du groupe, l'enseignant peut ainsi choisir d'intervenir ostensiblement auprès de l'élève dissipé afin de faire passer, indirectement, un message de dissuasion au groupe. Selon une logique similaire, les chercheuses ont aussi mis en évidence des situations où l'enseignant s'adresse directement à toute la classe et indirectement à un ou deux élèves, le but étant alors de leur faire passer un message sans les nommer explicitement, pour ne pas les stigmatiser et ne pas renforcer les phénomènes de comparaison sociale entre élèves.

Tact et savoir-faire Très efficace pour prévenir les comportements perturbateurs, ce type de stratégie permet à l'enseignant-e de limiter la confrontation, peu performante avec les adolescent-es. En ne confrontant pas directement l'élève, les enseignant-es évitent ainsi de s'inscrire dans un rapport de force et lui permettent également de garder la face vis-à-vis de ses pairs.
Ces stratégies, qui exigent tact et savoir-faire, ont cependant leurs limites. Elles peuvent notamment poser des problèmes d'ordre éthique lorsque l'enseignant-e choisit d'utiliser la pression du groupe pour isoler et délégitimiser le comportement d'un-e élève en particulier. En vue d'éviter ce genre de dérive, les résultats obtenus dans le cadre de cette recherche ont d'ores et déjà été réinvestis dans de nouvelles formations continues à destination des enseignant-es, comme le module d'approfondissement professionnel « Gestion efficace et bienveillante des comportements en classe » de la HEP Vaud et le Certificat d'études avancées « Enseigner en situation complexe au secondaire » à l'Institut universitaire de formation des enseignant-es de l'UNIGE. Deux formations qui proposent aux enseignants des outils pour mieux comprendre la manière dont ils s'adressent aux élèves en classe et l'impact de ces interactions sur le climat du groupe.
« *Parmi les participant-es de la première volée, plusieurs ont émis le souhait de mettre en place ce type de dispositif de formation au sein de leur établissement,* conclut Valérie Lussi Borer. *C'est une démarche dans laquelle nous allons les accompagner dans l'espoir qu'à terme, par effet de capillarité, on parvienne à faire évoluer la culture professionnelle du métier d'enseignant-e.* »

Vincent Monnet

« Breaking in the black box of pedagogical authority. Combined analysis of video and think-aloud protocols », par Vanessa Joinel Alvarez et Valérie Lussi Borer, in « Teaching and Teacher Education », Volume 134, November 2023.

ANTHROPOCÈNE : VIVRE AVEC LE RISQUE

TEMPÉRATURES RECORD, INCENDIES GÉANTS, ÉBOULEMENTS, TEMPÊTES, SÉCHERESSE : L'ANNÉE 2023 A ÉTÉ MARQUÉE PAR **UNE SUCCESSION INÉDITE DE CATASTROPHES NATURELLES**. DES RISQUES CONTRE LESQUELS ON PEUT SE PRÉMUNIR.

Dossier réalisé par Anton Vos et Vincent Monnet

Le quai de la ville d'Eden, sur la côte sud-est de l'Australie, en proie à de gigantesques incendies en janvier 2020.

KEYSTONE

Températures record aux quatre coins de la planète, incendies géants au Canada, tremblements de terre au Maroc et en Afghanistan, menace d'une gigantesque éruption volcanique à Naples, glissement de terrain à Brienz, tempête à la Chaux-de-Fonds : l'année 2023 a été marquée par une succession quasiment ininterrompue de crises et de catastrophes naturelles. Accentués par l'activité humaine et le changement climatique, ces risques font désormais partie de notre quotidien. Mais il existe de nombreux moyens pour s'en prémunir ou, du moins, en atténuer les conséquences. Dans ce registre, la Suisse s'est d'ailleurs dotée d'une stratégie que de nombreux pays lui envient, comme l'explique Markus Stoffel, professeur à l'Institut des sciences de l'environnement et responsable de la chaire « Climate Change and Risks in the Anthtropocene ». Entretien.

Campus : Vous dirigez une équipe qui compte près de 40 chercheurs et chercheuses afin d'étudier l'impact et les risques liés au changement climatique durant l'anthropocène. Ce terme fait-il consensus auprès de la communauté scientifique ?

Markus Stoffel : Non, pas tout à fait. La communauté scientifique accepte l'idée que nous sommes entrés dans une ère caractérisée par le fait que les activités humaines ont une influence sur l'environnement et notamment sur le climat. Ce qui est discuté, par contre c'est la question de savoir quel site permet d'affirmer que l'anthropocène a commencé à tel ou tel moment. Certains considèrent que nos sociétés ont commencé à modifier leur environnement dès l'âge de pierre, en brûlant des forêts, ce qui a induit des glissements de terrain et l'apport de sédiments dans les lacs. D'autres estiment que l'anthropocène ne débute qu'avec la Révolution industrielle, parce que c'est à ce moment que la pollution devient plus massive et que les températures commencent à s'élever.

Où placez-vous le curseur, personnellement ?

L'approche que nous privilégions avec mon équipe est plutôt large puisque nous nous intéressons à la fois à des événements qui peuvent remonter à un passé lointain, à ce qui se passe actuellement et à ce qui pourrait arriver demain. Il s'agit donc d'un travail de reconstitution, d'observation et de simulation. L'idée est d'obtenir une image globale de la façon dont l'environnement a réagi depuis que l'être humain a commencé à jouer avec les paramètres du système (c'est-à-dire au Paléolithique), et ce, même si les changements survenus à cette époque étaient moins abrupts que ceux que l'on vit depuis 200 ans.

Markus Stoffel

Professeur ordinaire au Département des sciences de la Terre et Département F.-A. Forel des sciences de l'environnement et de l'eau, Faculté des sciences

Formation : Après une thèse de doctorat au sein du Département de géosciences de l'Université de Fribourg (2005), il réalise une thèse d'habilitation à l'Institut des sciences géologiques de l'Université de Berne (2011).

Parcours : Professeur ordinaire à l'Institut des sciences de l'environnement de l'UNIGE dès 2017, il est également le fondateur et le directeur de dendrolab.ch, un laboratoire de recherche en dendrochronologie spécialisé dans l'analyse des processus climatiques, écologiques et géomorphologiques. Il est membre du comité d'experts pour les dangers naturels Suisse (FAN) et il préside depuis 2020 la commission de la recherche du Parc national suisse.

L'année 2023 a connu les mois d'été les plus chauds jamais enregistrés sur la planète ainsi qu'une hausse record de la température des océans. Constitue-t-elle un point de bascule ?

C'est effectivement une année très spéciale puisque d'après les chiffres fournis par l'Organisation météorologique mondiale et d'autres organismes qui effectuent un suivi des températures, nous avons atteint pour la première fois le seuil de 1,5 °C de réchauffement par rapport au début de l'ère industrielle (même s'il s'agit d'une année ponctuelle et non d'une moyenne). Dans le cadre d'un congé scientifique, j'ai passé quatre mois en Alaska cet été avec un thermomètre qui est monté jusqu'à 28, voire 30 degrés centigrades. La canicule n'est pas le seul domaine dans lequel nous voyons se réaliser des scénarios que les rapports du GIEC (Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat) avaient plutôt prévus pour la fin du siècle.

LA SUISSE EST UN DES PREMIERS PAYS AU MONDE À S'ÊTRE DOTÉ D'UN PROGRAMME DE GESTION DES RISQUES BASÉ SUR UNE APPROCHE INTÉGRÉE

Pouvez-vous préciser ?

La quantité de surfaces brûlées par les feux de forêts a atteint un niveau sans précédent. Les glaciers ont à nouveau reculé de façon effrayante et cela, même dans un pays comme la Suisse considéré comme le château d'eau de l'Europe, fait peser un risque latent sur la disponibilité de cette ressource. Cet été, on a par ailleurs vu apparaître dans le lit de l'Aar des bancs de sable qui n'avaient probablement jamais été émergés de mémoire d'homme. Et la déstabilisation des montagnes s'est elle aussi accélérée, ce qui s'est traduit par plusieurs chutes de pierres mortelles dans les Alpes, des coulées de laves torrentielles assez importantes, l'interruption des activités de certaines stations de ski, dont celle de Fiesch-Eggishorn ou la fermeture, probablement définitive, de la piste longeant le glacier d'Aletsch.

Cette situation peut-elle être imputable à la présence d'« El Niño » dans l'océan Pacifique ?

Cette inversion des courants océaniques provoque effectivement une hausse de la température du Pacifique dont l'influence se fait sentir sur quasiment toute la Terre, entraînant une hausse générale des températures. La présence d'*El Niño* est donc incontestablement un facteur aggravant, mais elle n'explique pas tout.

Que peut-on faire pour se prémunir contre les risques d'origine naturelle ou liés au changement climatique ?

Il faut avant tout veiller à limiter autant que possible le réchauffement climatique. Et il faut également adopter une approche intégrée pour faire face aux risques que cela induit. C'est-à-dire qu'il faut prendre en considération l'ensemble des dangers auxquels une population donnée est exposée et ne pas traiter ceux-ci de manière individuelle. Dans ce domaine, la Suisse a très bien fait son travail puisque c'est un des premiers pays au monde à s'être doté d'un programme de gestion des risques allant dans ce sens.

Qu'est-ce que cela signifie concrètement ?

Ce qui est assez unique, c'est que chaque commune a l'obligation de répertorier et de cartographier l'ensemble des dangers qui peuvent toucher son territoire, qu'il s'agisse d'inondations, d'avalanches, de glissements de terrains, de chutes de pierres ou encore de laves torrentielles [une avalanche de matériaux composés d'un mélange d'eau, de sédiments fins, d'éléments rocheux, de blocs parfois énormes, d'arbres, de graviers se déplaçant à très grande vitesse, ndlr]. Ces divers dangers sont ensuite classés en fonction de la fréquence et de l'intensité avec laquelle ils sont censés survenir. Lorsqu'on se trouve dans une zone qui est frappée tous les trente ans ou moins en moyenne par un même type d'événement, toute construction est interdite. Dans une zone qui est affectée tous les trente à cent ans, les constructions sont autorisées sous certaines conditions. Par exemple, si une maison est située sur un versant exposé à des chutes de pierres, la porte d'entrée devra se situer sur le côté aval de la pente afin d'éviter que des cailloux n'entrent par là. Il existe aussi des réglementations portant sur la dimension des fenêtres ou imposant l'usage de certains matériaux comme le béton armé.

Qu'en est-il pour les événements qui surviennent plus rarement ?

Lorsque le temps de retour se situe entre 100 et 300 ans, on se contente généralement d'indications. La population est informée de l'existence du danger, et c'est tout.

Quelles sont les autres décisions que les pouvoirs publics peuvent prendre sur la base de ces informations ?
Sur la base des données portant sur les dangers auxquels elle est exposée, chaque commune doit dresser une carte synoptique qui résume tout ce qui peut arriver à un endroit donné. À partir de là, la Suisse a développé un système d'évaluation du risque que je trouve très bien pensé.

Comment fonctionne-t-il ?
D'une part, on évalue de manière très précise la valeur des biens et/ou des infrastructures qui peuvent être touchées par une catastrophe naturelle : combien vaut telle maison, telle route, combien de voitures circulent sur tel tronçon, à quel moment et avec combien de personnes à bord, à quelle vitesse le train traverse-t-il la zone concernée, etc. De l'autre, on calcule la probabilité que tel événement survienne à tel endroit et qu'il endommage telle habitation, telle route, telle voie de chemin de fer ou qu'il blesse ou tue tant de personnes. La combinaison de ces informations nous fournit un outil fondamental pour la gestion des risques et la planification du territoire. Il est si performant que la Suisse est souvent sollicitée par d'autres pays en matière de gestion des catastrophes naturelles et que le modèle que nous avons mis sur pied est aujourd'hui adopté par un nombre croissant d'autres États.

Lesquels ?
Notamment le Japon, le Groenland ou l'Autriche qui ont récemment envoyé des délégations en Suisse pour s'informer sur notre approche.

Avec quel type d'attentes ?
Historiquement, les gouvernements de ces pays ont souvent agi comme des pompiers, en réagissant une fois que les catastrophes étaient survenues. Les Japonais, par exemple, sont très bons lorsqu'il s'agit de stabiliser des versants. Ils sont capables d'injecter des millions de mètres cubes de béton pour consolider un pan de montagne. Ils sont aussi très au point dans tout ce qui touche au processus d'évacuation, mais, ce qu'ils n'ont pas fait, ce sont les cartes des dangers. Ils ne connaissent donc pas forcément les zones qui risquent d'être affectées par une catastrophe naturelle, celles qu'il faudra évacuer si cela se produit, celles qui sont sûres et celles qui ne le sont pas.

En va-t-il de même pour le Groenland ?
Le Groenland fait environ 40 fois la taille de la Suisse avec une population de quelque 55 000 habitants. La problématique est donc radicalement différente. Ce pays est surtout préoccupé par la fonte du pergélisol et le recul des glaciers qui posent énormément de problèmes. Problèmes qu'il ne sait pas trop par quel bout attaquer.

« LA DÉCISION D'INTERVENIR OU NON SE FAIT EN FONCTION D'UNE PESÉE D'INTÉRÊTS ENTRE LES COÛTS ENGENDRÉS ET LES BÉNÉFICES ATTENDUS. »

La pratique suisse implique-t-elle des interventions directes sur l'environnement afin de prévenir des risques ?
Oui, selon une logique très pragmatique. Chaque risque est traduit en un montant monétaire qui s'exprime en francs suisses par année. Les cartes établies au niveau communal montrent par ailleurs de façon très claire les endroits qui souffrent d'un déficit de protection. À partir de là, la décision d'intervenir ou non se fait en fonction d'une pesée d'intérêts entre les coûts engendrés et les bénéfices attendus.

Pouvez-vous préciser ?
Imaginons qu'un village ou qu'un segment de route est susceptible d'être inondé. Quelle est la valeur des infrastructures qui risquent d'être endommagées, combien coûterait la construction d'une digue, par exemple, et combien de temps tiendrait-elle ? Si le bénéfice apporté par cette construction est supérieur au coût engendré par l'événement, la solution est adoptée; sinon, on y renonce et on cherche une autre solution. Et dans le cas où une maison isolée est menacée d'une destruction imminente, il est parfois plus simple de demander à ses habitants de déménager.

Cette procédure d'analyse est-elle systématique ?
Non. La Confédération et les cantons ne disposant pas de moyens illimités, la priorité est donnée aux projets qui présentent le meilleur rapport coût/bénéfice. De plus, il n'est pas toujours évident de prouver qu'un risque existe et de le localiser précisément.

En novembre 2012, une chute de pierres interrompt la ligne ferroviaire du Gothard entre Erstfeld et Goeschenen dans le canton d'Uri. C'est la troisième fois qu'un tel incident se produit au même endroit en l'espace d'un an.

C'est-à-dire ?
Pour les phénomènes d'ampleur, comme les crues, il n'y a pas de difficulté majeure. Le débit des cours d'eau est surveillé de manière régulière et on peut donc définir les phénomènes qui sortent de la normalité par des approches statistiques. Même chose pour les avalanches, qui sont facilement repérables, qui surviennent souvent sur les mêmes sites et qui sont bien documentées. Pour les chutes de pierres, par contre, on dispose généralement de très peu de données, ce qui rend très difficile l'identification de la source de l'éboulement. Un caillou de la taille d'un poing qui chute de plusieurs dizaines de mètres est capable de traverser le toit d'une voiture et de tuer la personne qui se trouve à l'intérieur. Mais c'est quelque chose qui est très difficile à modéliser parce que cela peut arriver n'importe quand sur n'importe quelle route de montagne. Et on ne peut raisonnablement pas bétonner ou installer des filets de protection sur tous les versants qui y seraient sujets.

On n'a donc pas d'autre choix que de se résoudre à vivre avec ce type de risque ?
Idéalement, pour avoir une idée plus précise de la situation, il faudrait que les cantonniers notent systématiquement sur le cadastre communal tous les cailloux qu'ils retrouvent sur les routes, ce qu'ils commencent d'ailleurs à faire. Mais c'est un travail assez fastidieux et trop souvent négligé. Pour y remédier, on peut aussi interroger le passé, notamment grâce à la dendrochronologie, ce qui est ma spécialité.

Comment cela ?
En se promenant dans une forêt où ont eu lieu des chutes de pierres par le passé, on peut assez facilement repérer les arbres qui ont reçu des impacts. En prélevant des carottes sur ces spécimens et en analysant leurs cernes, on peut identifier les blessures qu'ils ont subies et les dater de manière précise. En procédant de la sorte, nous sommes parvenus à identifier près de 1000 événements sur une période de cent ans pour une zone donnée alors que, jusque-là, on n'en avait recensé que cinq ou six. Ensuite, on peut déterminer l'aléa et le traduire en risque sur un tronçon particulier de route et même calculer le nombre de cailloux par mètres courants, ce qui au final permet d'obtenir une analyse très fine de ce type de risque.

Le changement climatique a-t-il une influence sur la gestion des dangers naturels ?
C'est une question à laquelle l'Office fédéral de l'environnement cherche actuellement une réponse. Les premières cartes des dangers qui servent à l'aménagement du territoire ont été établies dans les années 1950. Elles sont restées relativement simples jusqu'au changement de la législation sur l'eau et les forêts survenu dans les années 1990 qui les a rendues obligatoires dans l'ensemble du

pays et pour tous les aléas. Depuis, elles sont révisées par des experts tous les quinze à vingt ans, selon les cas. Au cours de ce processus, le choix de tel ou tel scénario va dépendre de la manière dont ces praticiens vont évaluer les données disponibles. Or, si précis soit notre système, des incertitudes demeurent. Et selon moi, cette zone grise est suffisamment importante pour absorber la plupart des variations liées directement aux changements climatiques. Certaines régions, comme la Bavière, ont choisi d'ajouter une augmentation de 20 % dans l'intensité des crues. Pour ma part, j'estime que notre système est suffisamment solide et fiable pour le conserver tel quel. Il y aura toujours une part d'incertitude dans la façon dont nous définissons les événements parce que l'on n'arrivera jamais à maîtriser totalement la nature. Et il ne faut pas non plus perdre de vue que l'évolution des aléas ne sera pas forcément linéaire.

Que voulez-vous dire par là ?
La situation n'empire pas automatiquement à chaque fois que la température augmente d'un dixième de degré. Il y a aussi des choses qui vont s'améliorer.

Par exemple ?
Quand un glacier qui surplombe une vallée rétrécit, il arrive un moment où il ne produira plus de séracs susceptibles de dévaler la pente et de provoquer des avalanches. La fonte du pergélisol pose également beaucoup de problèmes à l'heure actuelle, notamment parce qu'elle augmente l'activité des laves torrentielles et des chutes de pierre. Mais c'est aussi un phénomène cyclique. Dans la vallée de Zermatt, par exemple, on a observé une augmentation de l'activité de chutes de pierres et de laves torrentielles dans les années 1920, puis dans les années 1940 et de nouveaux depuis les années 1980. Si on regarde les territoires qui ont été affectés, on arrive à la conclusion que les zones sources qui ont provoqué ces événements n'étaient pas les mêmes dans chaque cas et que les zones de départ les plus anciennes sont aujourd'hui stables parce que le pergélisol n'y existe plus. Nous allons donc passer par des périodes de crises avec des situations critiques à certains endroits, mais cela ne sera pas systématique et ne durera pas éternellement.

La Suisse est-elle également parée pour intervenir dans l'urgence, lorsqu'une catastrophe finit quand même par survenir ?
Oui, à chaque carte répertoriant les dangers est associé un plan d'intervention. Le territoire national est équipé de toute une série de systèmes d'alerte précoce. Cela peut être un suivi automatique de produits satellites ou des câbles installés de part et d'autre d'une fissure quand il s'agit de mesurer les mouvements de terrain. Comme il n'est pas possible de construire des digues partout, certains chenaux connus pour avoir donné lieu à des laves torrentielles sont également équipés d'un dispositif qui permet de bloquer l'accès aux routes et aux ponts situés en aval dès qu'un événement se déclenche et d'alerter les services d'urgence. À eux, ensuite, d'organiser la protection des populations concernées en relation avec la protection civile.

Ce système repose-t-il sur les seules communes ?
Non, il implique aussi la Confédération, au travers de l'Office fédéral de l'environnement (OFEV), les cantons, les assurances, les services d'urgence (pompiers, ambulances, police) et ceux de la protection civile.

Les services d'intervention sont-ils spécifiquement formés à ce type de situation ?
Oui, et chaque commune dispose par ailleurs d'une ou de plusieurs personnes spécialisées dans la gestion des dangers naturels. Elles peuvent s'appuyer sur une application de l'OFEV nommée GIN Suisse qui leur donne accès aux données radars, aux prévisions de précipitations à court et à moyen terme. Elles peuvent également suivre l'évolution du débit des cours d'eau ou des chutes de neige. Avec leur connaissance du terrain, elles arrivent ainsi souvent à gérer la situation en anticipant la survenue d'un événement, ce qui permet aux populations de ne pas être prises au dépourvu. Si quelque chose s'annonce avec une grande incertitude, on ne va pas demander aux pompiers d'enfiler leurs bottes, mais de se tenir prêts à réagir le cas échéant.

Certains risques sont-ils plus difficiles à anticiper que d'autres ?
Oui, on a encore pas mal de problèmes avec les orages. Un événement comme celui qui s'est produit l'été dernier à La Chaux-de-Fonds reste très difficile à prévoir. Durant l'été, selon les masses d'air en présence, les températures et le taux d'humidité, on peut prédire que quelque chose pourrait se produire quelques jours en avance. Le jour dit, on peut affirmer avec une probabilité assez élevée qu'il va y avoir des orages le long du Jura, par exemple. Mais on ne saura qu'avec une ou deux heures d'avance où une tempête comme celle de La Chaux-de-Fonds va frapper. C'est la limite des systèmes de modélisation dont on dispose actuellement parce que ces phénomènes, comme les averses de grêle d'ailleurs, restent très localisés.

Qu'en est-il des tempêtes très violentes qui se sont abattues cet été sur la Grèce ou des feux de forêts qui ont ravagé des quantités de territoire tout à fait inédites cet été, y compris en Suisse ?
Ce qu'on appelle « medicane », pour « Mediterranean Hurricane », constitue un phénomène relativement nouveau. Jusqu'à ces dernières années, il n'existait pas

d'ouragans en Méditerranée, mais avec le réchauffement des eaux de surface, il faut se préparer à en voir plus souvent dès que les premières masses d'air froid arrivent dans cette zone pour entrer en contact avec une Méditerranée très chaude. Et pour l'instant, nous sommes assez démunis face à ce type d'événement.

Et qu'en est-il pour les feux de forêt ?
On a vu avec l'exemple du Canada ou précédemment en Australie à quel point ce type de catastrophe était difficile à juguler à partir du moment où il avait pris une certaine ampleur. Cela dit, dans de nombreux cas, il semblerait que l'origine de ces incendies soit accidentelle, comme à Hawaï où le feu s'est répandu à la suite de la rupture d'un câble électrique (elle-même probablement due à un manque de maintenance du système d'approvisionnement électrique). Il faut également noter que dans de nombreuses régions du monde, on a longtemps pratiqué des feux préventifs. Dans certaines parties de la Méditerranée et des États-Unis, ou en Australie, il était obligatoire de brûler certaines portions de forêts durant la période froide et humide pour enlever les buissons, les branches mortes, bref tout ce qui traîne par terre pour éviter, lorsqu'il y a un incendie en saison chaude et sèche, que celui-ci ne se propage de façon incontrôlée. Cela fonctionnait très bien parce que ce sont des écosystèmes qui ont toujours brûlé et qui ont même besoin du feu pour permettre la germination de la nouvelle génération. Le problème, c'est qu'avec le développement de l'activité humaine et l'évolution du climat, cela devient de plus en plus difficile aujourd'hui. D'une part, parce qu'une partie de ces zones sont aujourd'hui construites, comme c'est le cas en Californie. De l'autre, parce qu'avec la hausse des températures et la baisse des précipitations, la période durant laquelle il est possible de procéder à ces feux préventifs est de plus en plus courte quand elle n'a pas complètement disparu, comme en Australie. Et le plus inquiétant dans tout ça, c'est que ces méga-incendies, notamment dans l'hémisphère Nord, alimentent un cercle vicieux.

C'est-à-dire ?
Lorsqu'on s'approche de l'Arctique, les feux de forêts entraînent la disparition de la couverture au sol. Ce qui fait que le pergélisol est plus exposé au rayonnement solaire et qu'il va donc fondre plus vite. Des lacs vont se former et cette eau va, à son tour, contribuer à grignoter le pergélisol encore en place, qui va relâcher des quantités de plus en plus importantes de CO_2 et de méthane. Des gaz qui sont connus pour contribuer au réchauffement du climat…

DANS DE NOMBREUX CAS, IL SEMBLERAIT QUE L'ORIGINE DES MÉGA-INCENDIES SOIT ACCIDENTELLE.

Peut-on dire que l'efficacité du système de gestion des risques naturels en Suisse doit autant aux moyens mis à disposition qu'à une bonne gouvernance ?
Ils sont indissociables. Et c'est par exemple ce qui nous différencie d'un pays comme l'Allemagne, qui dispose de moyens en suffisance, mais où la gouvernance peut faire parfois défaut.

Vous avez un exemple ?
En juillet 2021, l'ouest du pays a subi des inondations qui ont causé la mort de près de 200 personnes. Or, la plupart de ces victimes auraient sans doute pu être sauvées si les bonnes décisions avaient été prises au bon moment.

C'est-à-dire ?
Le village qui a été le plus sévèrement frappé a été construit dans un méandre de la rivière qui a débordé. De nombreuses habitations ont donc été bâties dans une zone fortement exposée en cas de crue, ce qui, du point de vue de l'aménagement du territoire, n'aurait pas dû se produire et qui serait apparu comme un risque évident avec une carte des dangers telle que celles dont nous disposons en Suisse. À cela s'est ajoutée une mauvaise synchronisation des services concernés. Les services météorologiques européens avaient en effet transmis à leurs homologues allemands une pré-alerte concernant de probables crues dans la région quelques jours plus tôt, avant de les relancer quelques heures précédant la catastrophe. Mais l'information est restée bloquée au niveau national et quand elle a enfin été transmise aux autorités locales, celles-ci ont hésité sur la démarche à suivre. Par crainte que les gens se fassent emporter par la crue alors qu'ils tentaient d'y échapper, elles ont choisi de leur demander de rester chez eux. Résultat : ces gens sont morts noyés dans leur maison. Là encore, avec un plan d'intervention bien établi, de nombreuses vies auraient pu être sauvées.

Travaux de réfection dans le village haut-valaisan d'Oberwald après une coulée de laves torrentielles survenue en juillet 2021.

« LE RISQUE ZÉRO N'EXISTE PAS »

C'est un cursus assez unique en son genre. Chaque année, le Certificat de spécialisation en évaluation et management des risques géologiques et risques liés au climat (CERG-C), dirigé par la professeure Costanza Bonadonna, forme une vingtaine d'expert-es à la gestion des catastrophes liées aux phénomènes géologiques ou climatiques. Étalé sur neuf semaines en continu, le programme alterne modules théoriques et stages de terrain selon une approche transversale permettant aux participant-es d'aborder des thématiques aussi variées que les séismes, les inondations, les sécheresses, les glissements de terrain ou les éruptions volcaniques, scrutées depuis l'île canarienne de La Palma. Le tout avec un objectif précis : limiter autant que possible les dégâts humains autant que matériels, tout en développant des stratégies d'adaptation. Explications avec la coordinatrice du programme, Corine Frischknecht, chargée de cours et adjointe scientifique au Département des sciences de la Terre (Faculté des sciences).

Ouvrant sa 35e session l'an prochain, le CERG-C est né en 1988, à l'initiative de deux professeurs de l'UNIGE (Jean-Jacques Wagner et Michel Delaloye) appuyés par un collègue de l'École polytechnique fédérale de Zurich (le Dr Dieter Mayer-Rosa).

La même année, l'Arménie est frappée par un séisme de 6,9 sur l'échelle de Richter qui cause entre 25 000 et 35 000 morts, tandis que trois ans plus tôt, l'éruption du Nevado del Ruiz en Colombie avait fait près de 23 000 victimes, parmi lesquelles la petite Omayra Sanchez, dont l'agonie avait été filmée par les caméras du monde entier.

« À l'époque, face à de tels événements, la tendance était plutôt à la réponse, replace Corine Frischknecht. *C'est-à-dire que l'on agissait essentiellement après coup. L'idée de ces professeurs était qu'on pouvait faire quelque chose avant que ce type de catastrophe ne survienne. Car si dans la nature le risque zéro n'existe pas, rien n'interdit de chercher à en limiter au maximum les conséquences. Mais pour cela, il faut se donner les moyens de comprendre les phénomènes en question, de mettre en place des systèmes de surveillance afin d'en repérer les éventuels signes précurseurs, d'implémenter des mesures d'atténuation et de former les populations concernées à réagir de manière adaptée. C'est sur la base de cette idée que le CERG-C a été développé. »*

Ouvert aux étudiant-es disposant au moins d'une formation universitaire de niveau master, en géosciences ou autres disciplines, ainsi qu'aux personnes déjà insérées dans le monde professionnel, le Certificat attire essentiellement des candidat-es provenant des pays dits « en voie de développement » ou « émergents » dont la venue à Genève est grandement facilitée par l'octroi d'une bourse couvrant les frais d'écolage et de logement.

« L'intérêt de cette formule, c'est de favoriser les échanges entre des personnes qui travaillent dans le même domaine mais qui ont des compétences ou des façons d'aborder certains problèmes très différentes selon leurs parcours, précise Corine Frischknecht. *Au final, ce qu'on vise, c'est de rendre les participant-es capables d'appréhender tel ou tel risque sous différents angles et d'évaluer le type d'informations dont ils et elles vont avoir besoin pour y faire face. »*

En matière de catastrophe liée aux phénomènes géologiques ou climatiques, il n'y a en effet pas de solution miracle. Chaque situation exige ainsi d'être analysée spécifiquement, les mesures d'atténuation des risques étant d'autant plus efficaces qu'elles ont été pensées en amont.

Pour ce faire, il s'agit en premier lieu d'identifier de manière aussi précise que possible la nature des menaces qui pèsent sur un territoire donné : quelles zones peuvent être affectées par une coulée de lave, une inondation ou un glissement de terrain ; quelle part de la population est-elle menacée par ce type d'événement ; quel type d'infrastructures est susceptible d'y résister ou d'être détruite ?

« À partir de là, on peut déterminer comment rendre certains bâtiments plus sûrs, former les populations à adopter un comportement adéquat le moment venu – comme cela se fait par exemple au Japon avec la prévention des séismes – ou encore donner les moyens aux communautés locales de réagir efficacement en situation d'urgence, développe Corine Frischknecht. *Dans certains cas, comme les inondations, il est également possible d'intervenir sur la topographie en procédant à des élévations de terrains, en construisant des digues ou aménageant des zones inondables susceptibles d'absorber un afflux d'eau soudain. Tout cela ne s'improvise pas. C'est un travail de longue haleine, qui reste sans doute le meilleur moyen de préserver des vies humaines, mais qui a un prix. Or, à l'échelle globale, les investissements consentis aujourd'hui dans la réduction des risques de catastrophe ne représente que 5 à 10 % des coûts consacrés à la gestion des situations de crise. »*

SÉCHERESSE

LA GUERRE DE L'EAU N'AURA (SANS DOUTE) PAS LIEU

SI L'EAU A ÉTÉ HISTORIQUEMENT UN VECTEUR DE COOPÉRATION PLUS QUE DE CONFLIT, **DE NOUVELLES TENSIONS APPARAISSENT EN LIEN AVEC LE CHANGEMENT CLIMATIQUE**. BIEN LOTIE DANS CE DOMAINE, LA SUISSE DEVRA NÉANMOINS PROCÉDER À DES ARBITRAGES POUR FAIRE FACE AUX SÉCHERESSES ANNONCÉES.

Christian Bréthaut

Professeur associé à l'Institut des sciences de l'environnement et au Département géographie et environnement (Faculté des sciences de la société)

Formation : Christian Bréthaut obtient un Doctorat en géosciences et environnement à l'Université de Lausanne. Il rejoint l'Université de Genève en 2012.

Parcours : Coordinateur du projet GouvRhône, traitant de la gouvernance franco-suisse du Rhône, Christian Bréthaut assure dès 2014 la direction scientifique du Geneva Water Hub. En 2015, il devient titulaire de la chaire Unesco en hydropolitiques, qu'il partage avec Géraldine Pflieger.

Au printemps 2018, les quelque 4,7 millions d'habitants du Cap, en Afrique du Sud, sont passés tout près du point zéro, soit le jour où les réservoirs alimentant la ville se retrouveraient complètement vides. En Californie, une police de l'eau sillonne les collines de Los Angeles pour veiller au respect de la réglementation sur l'usage de cette ressource mise en place ces dernières années. Et en France, ce sont près de 700 communes qui se sont vues privées d'eau potable durant l'été 2022. Malgré certaines restrictions d'usage mises en place ces deux dernières années, la Suisse est encore loin de tels extrêmes. Mais une adaptation est indispensable pour faire face aux effets du changement climatique sur le régime des précipitations, prévient Christian Bréthaut, professeur associé à l'Institut des sciences de l'environnement ainsi qu'au Département géographie et environnement (Faculté des sciences de la société), directeur scientifique du Geneva Water Hub et codirecteur de la chaire Unesco en hydropolitiques de l'UNIGE. *« Dans les médias, le récit qui s'est imposé, c'est que l'eau va jouer dans les prochaines décennies le rôle qu'a tenu le pétrole tout au long du XXe siècle,* note le chercheur. *Autrement dit, c'est la ressource autour de laquelle vont se cristalliser les conflits à venir. Or, quand on regarde les analyses historiques et statistiques qui ont été menées à l'échelle globale, on se rend compte que la plupart du temps, quand vous avez des tensions liées à l'eau, le résultat est plus coopératif que conflictuel. Depuis les années 1950, il y a ainsi eu une trentaine de conflits directement en lien avec l'eau, alors que pendant la même période, plus de 300 accords ont été signés à l'échelle transfrontalière autour de la gestion de cette ressource. Cela étant, il est vrai qu'avec le changement climatique et la récurrence de plus en plus forte de sécheresses de plus en plus importantes, on voit se développer une résurgence des tensions liées à l'eau, en particulier au niveau régional. »*

DEPUIS LES ANNÉES 1950, IL Y A EU UNE TRENTAINE DE CONFLITS DIRECTEMENT LIÉS À L'EAU, TANDIS QUE PLUS DE 300 ACCORDS DE COOPÉRATION ONT ÉTÉ CONCLUS DANS CE DOMAINE

Dans un monde où chaque litre d'eau va commencer à compter, il reste heureusement une marge de manœuvre relativement importante dans de nombreuses régions du globe. D'une part, parce que de nombreux leviers peuvent être activés pour réduire la consommation d'eau. De l'autre, parce qu'un certain nombre de crises relatives à l'approvisionnement en eau ne sont pas dues aux changements climatiques – bien que ceux-ci constituent un facteur aggravant –, mais à une gouvernance inadéquate des réserves disponibles.

Pour ce qui touche au premier point, l'éventail des possibles reste en effet très large. À l'image de ce qui a été fait en Californie, il est ainsi imaginable d'introduire une législation stricte quant aux usages domestiques de l'eau (arrosage autorisé durant quinze minutes un jour par semaine, bannissement des plantes d'ornement non indigènes...). À la suite de l'épisode de 2018, les autorités du Cap ont, de leur côté, lancé un vaste programme d'action intitulé « Cape Town Strategy », qui a permis de réduire la consommation quotidienne d'eau de la ville de 40 % en trois ans. Des gains substantiels sont également réalisables via la valorisation des eaux de pluie, la mise en place de processus industriels plus efficients ou encore le remplacement des systèmes par aspersion par des systèmes de goutte-à-goutte en matière d'irrigation agricole, secteur le plus gourmand en eau des économies occidentales.

Pour ce qui est de la gouvernance, un gaspillage considérable des ressources pourrait être évité grâce à un meilleur

KEYSTONE

Les fortes chaleurs et le manque de pluie mettent en péril la faune aquatique. Durant l'été 2022, 20 000 m³ d'eau potable ont été injectés dans la Drize via des lances à incendie afin de préserver le débit et la température du cours d'eau genevois.

entretien et une planification efficace de la gestion des réseaux d'adduction, sachant que dans une ville comme Rome, par exemple, le taux de fuite peut approcher les 50 %. Toute la difficulté étant qu'on parle ici d'investissements se comptant en centaines de millions de francs, par définition invisibles puisque souterrains, qui mettront des années à apporter des résultats concrets et qui sont donc relativement peu porteurs en termes de communication politique.

«*Il y a par ailleurs énormément d'endroits dans le monde où des choix politiques ont conduit à des situations catastrophiques ou ont empêché d'anticiper les problématiques liées au manque d'eau,* précise Christian Bréthaut. *L'exemple le plus extrême est peut-être le choix des autorités soviétiques d'imposer la culture du coton dans certaines régions désertiques d'Asie centrale, ce qui a provoqué l'assèchement de la mer d'Aral. Mais le fait qu'en Californie, la majorité des points d'accès à l'eau souterraine se trouve dans les mains de grands propriétaires terriens qui, forts de titres de propriété historiques, prélèvent autant d'eau qu'ils le veulent, a également des conséquences très négatives pour la gestion des sécheresses.*

Relativement bien lotie dans ce domaine, la Suisse ne risque guère de voir la disponibilité en eau directement menacée, hormis dans certaines régions particulièrement exposées comme le Jura ou le Valais. Compte tenu des différences de températures assez importantes qui existent entre la plaine et les sommets, il continuera en effet de pleuvoir raisonnablement dans les Alpes. Et la présence de nombreux lacs, comme celui du Léman ou de Zurich, constitue par ailleurs des réserves monumentales à l'échelle européenne.

Cela étant, il faudra tout de même procéder à un certain nombre d'arbitrages pour faire face à la nouvelle donne saisonnière. Si l'accès à l'eau potable, qui relève d'un droit humain fondamental, restera à l'évidence la priorité absolue, quelles quantités d'or bleu faudra-t-il allouer à la protection des rivières afin d'assurer un débit suffisant à la survie de la population piscicole, à la production d'énergie hydroélectrique, à l'irrigation des terres agricoles ou aux canons à neige dont dépend la survie des stations de moyenne montagne ?

«*Répondre à ce type de questions implique que la force publique soit en capacité de faire des choix ou d'ajuster des mécanismes déjà existants,* analyse Christian Bréthaut. *Mais pour ce faire, il faut comprendre ce qui se passe, disposer d'une vision d'ensemble sur les quantités de ressources à disposition et sur les modes de consommation. Et pour l'heure, je ne suis pas certain qu'au niveau national, on ait une vision très claire du fonctionnement et des prélèvements opérés par les différents usages de l'eau. On a effectivement une vision d'ensemble du système, mais il me semble que, pour l'instant, elle n'est pas suffisamment élaborée pour avoir la capacité de procéder à des arbitrages et de faire face efficacement aux défis qui nous attendent.*»

RAZ DE MARÉE LACUSTRE

LES TSUNAMIS SILENCIEUX DU LAC DE BRIENZ

LA CORRECTION DE L'AAR A PROVOQUÉ DEPUIS 150 ANS QUATRE ÉBOULEMENTS SOUS-LACUSTRES SUIVIS DE TSUNAMIS PASSÉS INAPERÇUS. LE PROCHAIN POURRAIT CEPENDANT FAIRE PLUS DE DÉGÂTS. RETOUR SUR **UNE RECHERCHE PONCTUÉE DE CADAVRES BLEUS.**

Vue aérienne de l'embouchure de l'Aar dans le lac de Brienz et de son panache de sédiments, préparant le prochain tsunami.

Le 24 avril 1996, les ouvriers d'une plateforme de dragage exploitant du sable devant l'embouchure de l'Aar, dans le lac de Brienz, vivent un étrange phénomène. Dans un bruit inquiétant, le radeau de 50 tonnes sur lequel ils s'activent est violemment tiré vers le bas par les aussières ancrées dans le fond du lac tandis que deux attaches fixées à la terre ferme le retiennent. Tendus à l'extrême, deux filins du diamètre d'un pouce se rompent en même temps et balaient le pont comme des fouets, heureusement sans toucher personne. Surpris, les ouvriers arrêtent tout et s'en vont faire leur rapport à leur patron. En arrimant leur barque au quai, ils remarquent que le niveau du lac est bien plus bas que d'habitude. Le temps de rendre compte des événements et de retourner vers la plateforme, l'eau est remontée et pointe cette fois-ci à un demi-mètre au-dessus du niveau normal.

Les choses auraient pu en rester là si deux autres événements ne s'étaient pas déroulés dans les jours suivants. Le premier est la découverte, le 1er mai, d'un cadavre auquel il manque la tête, un bras et le bas des jambes, sur la grève d'Oberried, 6 kilomètres plus à l'ouest. Les services forensiques bernois datent la dépouille au carbone 14 et prouvent que l'individu est mort noyé au cours du XVIIIe siècle. Son corps est d'ailleurs recouvert partiellement d'un minéral, la vivianite, signe d'une longue immersion dans la vase. Le fait d'être emprisonné dans les sédiments, un milieu dépourvu d'oxygène, aurait permis la préservation du corps à l'exception de ses extrémités.

Le second incident est la perte d'instruments de mesure posés deux ans avant au fond du lac de Brienz par des scientifiques de l'Eawag (l'Institut fédéral des sciences et technologies de l'eau à Dübendorf). Ces derniers, venus les récupérer précisément au cours du mois de mai, ne peuvent que constater leur disparition. Interloqués, ils décident d'investiguer la chose.

Tsunami de près d'un mètre Les conclusions de la longue enquête qui s'ensuit sont rapportés dans un article de la revue *Marine Geology* du 25 juin 2007. Stéphanie Girardclos, maître d'enseignement et de recherche au Département des sciences de la Terre et à l'Institut des sciences de l'environnement (Faculté des sciences), et ses collègues de l'Eawag y démontrent que, le 24 avril 1996, une masse importante de sédiments accumulés devant l'embouchure de l'Aar s'est détachée et a provoqué un éboulement sous-lacustre. Grâce à des mesures de sismostratigraphie et des forages, les scientifiques parviennent à estimer à 2,72 millions de mètres cubes le volume de matériaux qui a glissé et a créé une couche de dépôts de plus d'un mètre d'épaisseur sur tout le fond du lac.

« *L'éboulement a failli couler la plateforme de dragage qui était ancrée dans les sédiments*, précise Stéphanie Girardclos. *En*

LE TSUNAMI SUR LE LÉMAN DE 563
Dans un article paru en 2012 dans **Nature Geoscience**, Stéphanie Girardclos, Katrina Kremer et Guy Simpson de l'UNIGE démontrent que le Léman a connu en 563 un tsunami, provoqué par un effondrement sous-lacustre. La vague aurait atteint au minimum 13 mètres à Lausanne et 8 à Genève. Dans son travail de master, Caroline Calpini a évalué les conséquences sur le Petit lac d'un tel raz de marée s'il devait avoir lieu aujourd'hui. Selon le pire scénario, une vague de 6, puis une autre de 9 mètres frapperaient Genève. L'eau s'enfoncerait dans les terres sur 3 kilomètres, engloutissant Plainpalais. L'inondation toucherait 100 000 personnes, 10 600 immeubles et 200 kilomètres de routes. La vitesse de déplacement pourrait atteindre 51 m^2/s (il en faut 2 pour renverser une personne) et charrier quantité d'objets, dont les bateaux de plaisance qui se transformeraient en béliers mortels. Le risque qu'un événement d'une telle magnitude se produise semble cependant très peu probable. Les résultats de ce travail ont tout de même été transmis aux autorités genevoises.

« Un Tsunami sur le Léman, Tauredunum 563 », par Pierre-Yves Frei et Sandra Marongiu, PPUR, 185 p.

même temps, il a libéré un cadavre qui gisait dans ces dépôts depuis des siècles et, en se propageant au fond du lac, a emporté les instruments scientifiques qui s'y trouvaient. L'accident a également provoqué un tsunami de presque 1 mètre. Cependant, à l'exception des ouvriers, personne ne l'a remarqué. »
L'analyse des données environnementales précédant l'événement (débit de l'Aar, vitesse du vent, niveau du lac, séismes) suggère par ailleurs qu'aucune cause particulière n'est à l'origine du glissement de terrain à l'exception de l'accumulation naturelle de sédiments qui, en dépassant un seuil, a provoqué une rupture de leur équilibre.

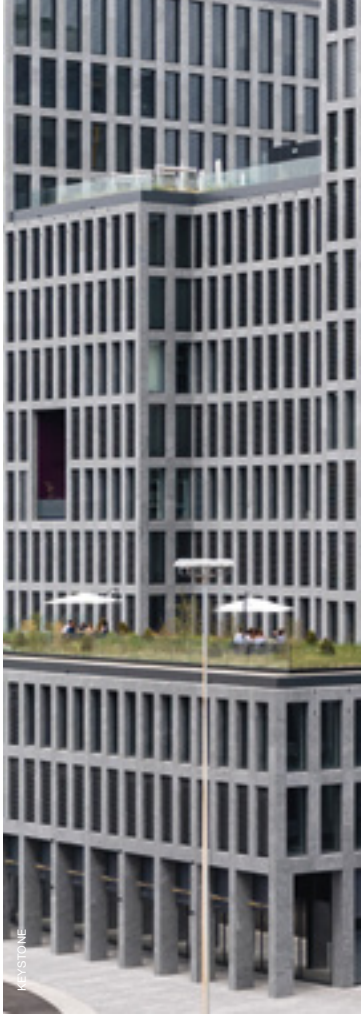
Quatre éboulements L'histoire aurait, là encore, pu en rester là si ce n'est que les mesures des profils sismostratigraphiques et les carottages mettent en évidence non pas une couche épaisse de sédiment, mais quatre, les unes au-dessus des autres, soit autant de signes d'éboulements de volumes similaires. En dessous, c'est-à-dire durant au moins un millénaire dans le passé, aucun autre dépôt n'atteint, de loin, la même grosseur.
Après un travail long et minutieux qui fait l'objet d'un article actuellement en phase de soumission, les scientifiques réussissent finalement à estimer avec une erreur raisonnable les dates des quatre événements, soit 1854, 1906, 1942 et 1996. La plus récente est précise au jour près, puisque des témoins ont vu et rapporté l'événement. Celle de 1942 est entachée d'une incertitude de quelques semaines, voire de quelques mois. Cela est dû essentiellement à la découverte, le 19 septembre de cette année, d'un autre mystérieux cadavre (« totalement momifié ») rendu par le lac plus ou moins au même endroit que la dépouille de 1996 et dont l'*Oberländer Tagblatt* fait la recension. Les autorités de l'époque estiment que le mort (manifestement également recouvert de vivianite) gisait, lui aussi, depuis longtemps dans les sédiments du lac. Les mêmes causes entraînant les mêmes effets, il est donc très probable que cette apparition macabre soit le résultat de l'éboulement sous-lacustre identifié par les scientifiques.
« Je suis tombée sur l'information en effectuant, sans trop y croire, des recherches dans les archives numérisées des journaux locaux, s'amuse Stéphanie Girardclos. *Ces cadavres d'un autre temps, libérés par un éboulement sous-lacustre et qui remontent à la surface, nous ont donc servi deux fois. C'est à se demander si nous n'avons pas développé une nouvelle technique de datation – et qui sait combien de cadavres sont encore enfouis dans les sédiments du lac de Brienz ? »*

Trois nouveaux cadavres Il est d'ailleurs possible que la date de 1906 subisse le même traitement. Selon une trouvaille récente, il s'avère en effet que la *Neue Zürcher Zeitung* du 22 septembre 1913 rapporte la découverte, la veille près de l'embouchure de l'Aar, de trois cadavres humains, dépourvus de tête ainsi que d'une partie de leurs membres et recouverts d'une sorte de gangue de « plâtre », à laquelle s'ajoutent les dépouilles d'animaux dans un état similaire. *« On suppose que vers l'embouchure de l'Aar, un 'glissement de sable' s'est produit, libérant ainsi les corps »*, conclut l'article.
Il ne reste donc guère que la dernière date (1854), à laquelle aucun malheureux noyé n'a pu être associé, qui reste entachée d'une incertitude de deux à trois décennies. Mais un scénario se dessine néanmoins. C'est celui de la correction de l'Aar et du contrôle des niveaux des lacs de Brienz et de Thoune.
La vallée de l'Aar a en effet été sujette de tout temps à des inondations dévastatrices. Les travaux visant à y remédier commencent en 1850 avec la construction d'un barrage à Interlaken suivie dans les années 1860 et 1870 de la canalisation de l'Aar. Son embouchure est aménagée dans la partie sud du delta naturel et devient alors le seul point d'évacuation des limons charriés par la rivière.
« Cette concentration des dépôts qui étaient auparavant répartis par un delta plus large est compatible avec une accumulation plus rapide et plus importante de sédiments à un seul endroit et donc avec une augmentation du risque d'éboulements sous-lacustres, estime Stéphanie Girardclos. *En d'autres termes, nous montrons que la régulation du cours d'eau a entraîné des effondrements réguliers tous les trente à cinquante ans. Le volume déplacé est à chaque fois similaire, à savoir plus d'un million de mètres cubes. Si rien n'est fait (réactivation de bras secondaires du delta, par exemple), on peut s'attendre à ce que le suivant ait lieu dans 10 ou 20 ans. On ne peut pas prédire son amplitude, ni celle du tsunami qui pourrait s'ensuivre. Ce dernier pourrait toutefois dépasser un mètre, cette fois-ci. Ou la fois d'après. En tout état de cause, il représente un risque naturel supplémentaire, créé par les activités humaines, pour les communautés riveraines. »*

Stéphanie Girardclos
Maître d'enseignement et de recherche au Département des sciences de la Terre, Faculté des sciences

Formation : Après un diplôme en sciences de la Terre en 1993 et quelques années au sein du GRID (Global Resource Information Database) du Programme des Nations unies pour l'environnement, elle effectue sa thèse de doctorat en sciences de la Terre (UNIGE) en 2001.

Parcours : Entre 2002 et 2007, elle passe ses années postdoctorales à l'École polytechnique de Zurich (ETHZ). En 2007, elle est de retour à l'UNIGE en tant que maître-assistante puis maître d'enseignement et de recherche dès 2013.


KEYSTONE

CANICULES

LE BÉTON, CHANCE ET MALÉDICTION DES VILLES

LES ÎLOTS DE CHALEUR SE MULTIPLIENT MAIS ON CONTINUE DE CONSTRUIRE MASSIVEMENT EN BÉTON, CE QUI N'AIDE PAS À RÉSOUDRE LE PROBLÈME. L'ANALYSE D'**ARMELLE CHOPLIN, PROFESSEURE AU DÉPARTEMENT DE GÉOGRAPHIE ET ENVIRONNEMENT ET À L'INSTITUT D'ÉTUDES GLOBALES.**

Campus : Les villes occidentales, qui hébergent la plus grande partie des habitants des pays industrialisé, sont-elles adaptées aux changements climatiques qui se multiplient ?
Armelle Choplin : Les villes changent et s'adaptent en permanence. Mais face à ce qui s'annonce, c'est-à-dire aux risques liés au dérèglement climatique, il va falloir qu'elles le fassent sans tarder. C'est un peu maintenant ou jamais. Les villes actuelles sont en effet construites depuis 70 ans selon un modèle très minéral, c'est-à-dire avec beaucoup de béton, et conçu pour les voitures. L'imperméabilisation des sols, par exemple, pose le problème de l'écoulement de l'eau et donc de la multiplication des inondations, surtout lors de précipitations importantes, qui sont de plus en plus fréquentes. A Genève, certains épisodes de pluies récents, avec des précipitations brèves mais très intenses, combinés à de fortes chaleurs, ont pu faire penser au climat tropical que l'on peut trouver en Afrique de l'Ouest, où j'ai vécu plusieurs années.

Le béton partout n'est pas terrible non plus pour conserver la fraîcheur…
L'usage du béton et du goudron, qui emmagasinent la chaleur, participe en effet à la création des îlots de chaleur. Plateforme 10, l'espace aménagé récemment devant le Musée cantonal des beaux-arts de Lausanne, en est un bon exemple. Il a été immédiatement baptisé « la plancha » par les usagers pour sa faculté à stocker la chaleur du soleil. Il y fait plusieurs degrés de plus que dans le parc arboré le plus proche. Plateforme 10 a beau être récent, c'est le résultat d'un projet qui a été pensé il y a 10 ou 15 ans, c'est-à-dire une époque où le souci des îlots de chaleur ne se posait pas avec la même acuité qu'aujourd'hui. Heureusement, les villes s'adaptent et le béton de cet espace a déjà été remplacé par du gravier clair qui reflète davantage la lumière et fait significativement diminuer la température. À Genève, le quartier de Lancy-Pont-Rouge, avec ses tours noires est également le fruit de réflexions urbanistiques datant de plus d'une décennie. Il est lui aussi devenu un îlot de chaleur malgré des efforts en termes de végétalisation. Des voix demandent maintenant que l'on revoie certains aspects de tout le programme urbain Praille-Acacias-Vernets qui, dans son ensemble, est tout de même très minéral et donc peu adapté aux défis environnementaux de la ville. Je pense également à des cours d'école à Genève qui ont récemment été refaites avec un bitume foncé. L'épisode de canicule tardive survenu en pleine rentrée scolaire cette année les a rendus quasiment invivables. Dans d'autres villes européennes, on est en train de débitumer et de recouvrir le sol avec des copeaux de bois qui absorbent la chaleur tout en étant perméable à l'eau de pluie.

À cela s'ajoute le fait que la fabrication du béton contribue elle-même au réchauffement climatique…
En effet, le béton est principalement fait de ciment, de sable, de gravier et d'eau et l'industrie du ciment est, à elle seule, responsable de 8 % des émissions de gaz à effets de serre.

Le nouveau quartier de Lancy-Pont-Rouge, avec ses tours noires, est le fruit de réflexions urbanistiques datant de plus d'une décennie. Il est devenu un îlot de chaleur malgré des efforts en termes de végétalisation.

Il faudrait donc commencer à construire avec moins de béton. Est-ce possible ?
Les normes actuelles sont très hautes en Suisse et on a tendance à surdoser l'usage du ciment. Or, il est possible de revoir ces normes à la baisse sans pour autant prendre de nouveaux risques.

Pourquoi y a-t-il un surdosage de ciment en Suisse ?
Le béton fait partie de l'identité suisse. On peut presque parler d'une histoire d'amour. Pour commencer, le ciment est considéré comme un produit local. Le pays se trouve en effet dans le sillon calcaire de l'axe rhodanien dont les innombrables carrières ont fourni le ciment pour une bonne partie de l'Europe. Cette vaste région a donné naissance à certains des plus grands producteurs mondiaux de ciment, dont l'un est d'ailleurs suisse, Holcim, devenu leader dans le secteur des matériaux de construction après avoir fusionné avec le français Lafarge en 2015. Ensuite, le béton a été promu par le célèbre architecte chaux-de-fonnier Le Corbusier. Ce dernier affirmait en effet que « les matériaux de l'urbanisme sont le soleil, l'espace, les arbres, l'acier et le ciment armé, dans cet ordre et dans cette hiérarchie » [en 1933, au congrès international d'architecture moderne d'Athènes, ndlr]. On lui doit tout un pan de l'imaginaire du bâtiment en béton qui s'est perpétué, via ses disciples, dans l'histoire architecturale contemporaine de la Suisse. Plusieurs églises ont été construites avec ce matériau, dont une des plus emblématiques est celle d'Hérémence, en Valais, par le Zurichois Walter Förderer en 1971. Vu comme permanent, le béton est utilisé dès l'après-guerre pour l'édification du moindre bâtiment (parking, abribus ou abri à vélos), des ouvrages routiers de plus en plus impressionnants jusqu'aux abris anti-atomiques – spécialité éminemment helvétique intégrée dans tous les nouveaux bâtiments – qui devaient tous, pour des raisons différentes, être solides et durer. Enfin, on a aussi construit en béton car cela a permis de loger rapidement beaucoup de monde et à moindre coût. Résultat, il est devenu un matériau omniprésent dont nous sommes très dépendants. Or, l'urgence climatique oblige à réfléchir à des alternatives à ce matériau très polluant et de moins en moins adapté aux besoins de nos villes.

« LE BÉTON FAIT PARTIE DE L'IDENTITÉ SUISSE. ON PEUT PRESQUE PARLER D'UNE HISTOIRE D'AMOUR. »

Quelles sont les solutions ?
Pour faire face à la chaleur, il faut végétaliser autant que possible. On le voit bien sur les cartes d'analyse climatique de Genève, il y a plusieurs degrés de différence entre les parcs ou les espaces arborés et les îlots de chaleur que

Conçu par l'architecte burkinabé Francis Kéré, lauréat du prix Pritzker 2022, le « Doctors' Housing » (Léo, Burkina Faso) est fabriqué avec des matériaux locaux et utilise les techniques de climatisation naturelle.

Armelle Choplin
Professeure au Département de géographie et environnement et à l'Institut d'études globales

Formation : Elle obtient une maîtrise universitaire (2002) puis une thèse (2006) en géographie et aménagement à l'Université de Paris 1.

Parcours : De 2008 à 2016, elle est maîtresse de conférences à l'Université Paris-Est et à l'École d'urbanisme de Paris. De 2016 à 2018, elle est chercheuse à l'Institut de recherche pour le développement, affectée en Afrique de l'Ouest. Elle est engagée à l'Université de Genève en 2019 et est nommée directrice de l'Institut de gouvernance de l'environnement et développement territorial.

sont les déserts minéraux (comme Plainpalais). En outre, alors que les épisodes de canicules se multiplient chaque été, les architectes pourraient commencer à proposer pour les nouvelles constructions des expositions principales non plus vers le sud, comme cela se fait habituellement, mais vers l'est ou l'ouest, ou même le nord, pour bénéficier d'un peu plus d'ombre et donc d'une relative fraîcheur. Une autre solution serait l'utilisation de doubles plafonds, c'est-à-dire de greniers, une habitude qui s'est largement perdue à Genève où presque toutes les constructions modernes ont un toit plat. Et un toit plat, c'est le pire que l'on puisse faire contre la canicule. Les penthouses, les chambres de bonnes, les duplex en dernier étage, on commence à en revenir. Certains ne sont plus vivables aujourd'hui. Il faut reconstruire des mansardes qui permettent de garder la chaleur et isoler l'étage du dessous.

Mais peut-on, techniquement, se passer du béton ?
Pour l'instant, cela semble compliqué. Mais on peut essayer de diversifier les matériaux sur un chantier. Il existe des alternatives qui ne sont pas forcément plus chères. Marlène Leroux, chargée d'enseignement à l'Institut de gouvernance de l'environnement et développement territorial (Faculté des sciences de la société), fait partie de l'agence Archiplein qui a réalisé des immeubles de logement en pierre massive blanche notamment à la Coulouvrenière et à Plan-les-Ouates. C'est non seulement très beau, mais aussi très efficace du point de vue thermique.

Qu'est-ce qui nous empêche de construire davantage en pierre ?
Nous avons non seulement perdu le savoir-faire de la production de masse des constructions en pierre mais en plus, et surtout, il est très difficile de sortir du tout béton. La logistique actuelle est très bien en place : fabrication du ciment, extraction des graviers, va-et-vient des bétonnières dans la ville, etc. Il est très difficile de changer un modèle de production aussi dominant et auquel tout le monde est habitué, du promoteur au système financier en passant par toute la chaîne des industries actives dans la construction. Même les architectes sont formés – pour ne pas dire formatés – à utiliser le béton. Ce n'est que depuis peu que des cours proposent des alternatives.

Alors, comment sortir du tout-béton ?
Je crois beaucoup en la prise de conscience sociale et en l'action citoyenne. Tout le monde doit mettre la pression. Le citoyen pour que les élus changent les lois et les normes en matière de construction, les clients pour forcer les promoteurs à les adopter et exiger des industriels qu'ils développent des filières plus vertes. La recherche n'est pas en reste, en particulier dans les écoles polytechniques fédérales de Lausanne et de Zurich, ou des groupes travaillent à la mise au point d'un ciment décarboné ou au développement de techniques de construction innovantes et de matériaux plus durables qui pourraient remplacer le ciment.

« UN TOIT PLAT, C'EST LE PIRE QUE L'ON PUISSE FAIRE CONTRE LA CANICULE. LES PENTHOUSES, LES CHAMBRES DE BONNES, LES DUPLEX EN DERNIER ÉTAGE, ON COMMENCE À EN REVENIR. »

Il n'y a pas que la pierre pour remplacer le béton, je suppose…
Non, on peut aussi construire en bois, un matériau que la Suisse utilise depuis très longtemps pour ses maisons. Cela dit, ce n'est pas la panacée non plus. La filière n'est pas assez importante pour subvenir à tous les besoins. Au-delà du bois, il existe plein d'autres solutions comme la paille ou la terre. Signe des temps, l'année dernière, le prix Pritzker 2022 (l'équivalent du prix Nobel d'architecture) a été décerné à l'architecte burkinabé Francis Kéré. Il est non seulement le premier lauréat africain, mais en plus il est un architecte atypique parmi ceux qui ont reçu cette récompense. Dans son travail, il privilégie au maximum l'usage des matériaux locaux, notamment la terre, et utilise toutes les techniques de climatisation naturelle – double toiture, façades percées, bassines d'eau fraîche au pied des cheminées, etc. – pour maintenir une température acceptable à l'intérieur même en temps de forte chaleur. Récompenser un architecte africain qui construit en terre, avec une empreinte carbone faible, est révélateur d'une certaine prise de conscience.

Les grandes villes africaines qui se développent à toute allure, telles que Lagos au Nigeria, ne sont pas forcément les meilleurs exemples…
En effet. Mais c'est là le paradoxe des villes africaines. Les habitants là-bas rêvent une vie entière de pouvoir se construire une maison en béton parce que c'est un symbole de réussite tout en étant le matériau le plus facile et le moins cher à utiliser. Ce ne sont plus des bidonvilles

KÉRÉ ARCHITECTURE / JAIME HERRAIZ

qui poussent dans les périphéries urbaines, mais des « bétonvilles ». Le problème, c'est qu'une fois terminée, la maison s'avère inhabitable à cause de la chaleur. Dans les quartiers plus aisés, les bâtiments sont aussi en béton et les fenêtres sont toutes fermées avec d'épais rideaux pour éviter que la chaleur rentre, car ils sont bien sûr tous équipés de climatiseurs. Ce qui est ironique, c'est que dans le domaine de la construction africaine, deux figures inspirent respect et admiration alors que tout les oppose. D'un côt, Francis Kéré, promoteur des matériaux locaux et de l'architecture tropicale vernaculaire, et, de l'autre, Aliko Dangote, l'homme le plus riche du continent, qui a fait fortune justement dans le ciment. C'est lui qui, grâce au pétrole nigérian, a réussi dès les années 1980 à développer une production locale de ce matériau qui était auparavant importé d'Europe. Aliko Dangote a en quelque sorte africanisé le ciment et démocratisé son usage en Afrique. Il a indirectement participé à la croissance effrénée de Lagos qui est évidemment une ville de béton, de moins en moins habitable car peu adaptée à son environnement.

Le problème de la chaleur n'est d'ailleurs sans doute pas le principal risque qu'affrontent des villes comme Lagos, dont l'agglomération, immense, compte plus de 20 millions d'habitants ?

Lagos donne sur le golfe de Guinée. Elle est régulièrement soumise aux aléas des inondations causées à la fois par les eaux en crue et qu'aucune canalisation ne parvient à contenir (provoquant des événements destructeurs parfois très impressionnants) et par l'érosion côtière au sud qui grignote jusqu'à 20 mètres de terre sur le littoral. Ces problèmes d'inondation, on les retrouve aussi de manière régulière depuis vingt ans dans des villes du Sahel qui n'étaient pas préparées à ce risque, telles que Dakar (Sénégal) ou Nouakchott (Mauritanie). Celles-ci se sont agrandies dans des zones inondables et ne disposent pas de tout-à-l'égout ou de système de drainage. Résultat, certains quartiers sont sous l'eau une bonne partie de l'année.

« La Vie du ciment en Afrique, matière grise de l'urbain », par Armelle Choplin, MétisPresses, 2020
« Concrete City, Material Flows and Urbanisation in West Africa », par Armelle Choplin, Wiley, 2023,
https://tinyurl.com/pointschauds

PENTE GLISSANTE

LA NATURE EST APPELÉE À L'AIDE. LE SECTEUR PRIVÉ, AUSSI.

LES **« SOLUTIONS BASÉES SUR LA NATURE »** ONT LA CAPACITÉ DE RÉDUIRE LES INCIDENCES DE DÉSASTRES NATURELS TELS QUE LES CRUES, LES ÉBOULEMENTS OU ENCORE LES AVALANCHES. UN PROJET EUROPÉEN QUI VIENT DE SE TERMINER A ÉTUDIÉ LEUR MISE EN ŒUVRE DANS DES RÉGIONS RURALES DE MONTAGNE.

Anna Scolobig
Collaboratrice scientifique à l'Institut des sciences de l'environnement

Formation : Elle obtient sa thèse en sciences sociales à l'Université d'Udine en 2008.

Parcours : Entre 2010 et 2013, elle effectue un postdoctorat à l'Institut international pour l'analyse des systèmes appliqués à Laxenbourg en Autriche avant de rejoindre le King's College à Londres puis l'École polytechnique fédérale de Zurich en 2013. Elle est engagée à l'UNIGE en novembre 2018.

Malmenée, la nature nous renvoie bien souvent la monnaie de notre pièce, spécialement dans les régions de montagne. À force de construire habitations et infrastructures dans des zones dangereuses et, par-dessus le marché, de bouleverser l'équilibre environnemental par les changements climatiques, il n'est pas étonnant que, de plus en plus fréquemment, les terrains glissent, les rochers s'éboulent ou que les torrents inondent des zones où vivent, travaillent et se déplacent des gens. Mais la nature – peu rancunière – peut aussi offrir des solutions permettant de rendre ces paysages plus résilients face à ces désastres ou de restaurer des écosystèmes. Et il se trouve que démontrer l'efficacité des « solutions basées sur la nature » (SBN) et leur capacité à réduire l'incidence d'événements de petite envergure mais fréquents dans les paysages ruraux de montagne constitue justement l'objectif du projet européen Phusicos qui vient de se terminer et auquel des scientifiques de l'Université de Genève ont participé.

« Les SBN sont des mesures inspirées de la nature qui sont rentables et durables et dont l'effet est d'atténuer, et dans certains cas de prévenir, les risques qui affectent les régions exposées, explique Anna Scolobig, collaboratrice scientifique à l'Institut des sciences de l'environnement. *Il peut s'agir de solutions à petite échelle, comme l'installation de toits végétalisés dans les villes pour absorber l'eau, réduire la pollution au CO_2 et protéger contre les grandes chaleurs. Mais elles peuvent aussi s'étendre sur des surfaces plus grandes, comme le fait de donner de l'espace à des rivières pour amortir leurs crues. Le Canton de Genève conduit ce genre de grands projets, notamment dans l'optique de la renaturation du Rhône. »*

Moraines instables Dans le cadre de Phusicos, financé par le programme européen Horizon 2020, le concept de solutions basées sur la nature a été testé dans cinq endroits distincts et représentatifs de la variété de risques liés plus spécifiquement à la montagne : le Kaunertal en Autriche (à une trentaine de kilomètres des Grisons), le bassin de l'Isar en Allemagne, un des principaux affluents du Danube, sujet à des crues fréquentes, le Gudbrandsdalen, une des vallées les plus peuplées de Norvège, les Pyrénées, entre la France et l'Espagne, et le bassin du Serchio, un fleuve de Toscane dont le bassin est défini comme d'« intérêt national » en Italie.

Les solutions évaluées, une bonne quinzaine en tout, couvrent une variété d'aménagements tels que la création de zones inondables, l'élévation de digues, l'installation de structures paravalanches, la végétalisation des pentes, etc. Sur les hauts du Kaunertal, par exemple, se trouve le glacier Gepatschferner qui subit le retrait le plus rapide d'Autriche, laissant derrière lui des moraines instables et raides, menaçant d'éboulement la vallée et les infrastructures en contrebas. Les scientifiques ont tenté de stabiliser ces pentes en testant la plantation de différentes semences mélangées à des microbiomes sélectionnés en laboratoire pour leur capacité à assister le développement des végétaux. Les expériences menées sur des sites tests ont montré qu'il faut une couverture végétale d'au moins 30 % pour commencer à réduire l'érosion tandis qu'une couverture de plus de 75 % l'élimine totalement. La campanule barbue (*Campanula barbata*) s'est avérée l'espèce la plus adaptée à l'exercice bien que des communautés plus larges de plantes aux fonctions diverses semblent encore plus efficaces. Les plantes ont bien poussé dans tous les sites mais les scientifiques ont observé dans près de la moitié d'entre eux une couverture significativement plus importante dans les parcelles où des microbes ont été ajoutés aux semences.

Coulées de débris Autre exemple : le village d'Erill-la-Vall, dans les Pyrénées espagnoles, est en proie à de régulières coulées de débris dont l'origine est une moraine épaisse érodée par les précipitations, en particulier durant l'été. Dans le cadre de Phusicos, une entreprise locale a réalisé des travaux combinant une végétalisation du lieu avec des plantes locales et, dans les parties les plus abruptes, la construction de terrasses faites de murs en pierres sèches et

Le **glacier Gepatschferner**, en Autriche, subit un retrait rapide, laissant derrière lui des moraines instables qui pourraient s'effondrer et dévaster la vallée et les structures en contrebas. Des tests de végétalisation de ces pentes sont en cours pour les stabiliser.

ADOBESTOCK

de bois visant à réduire la quantité de sédiments emportés par le canal principal de la coulée qui menace le village. Ailleurs dans les Pyrénées, dans la station de ski du Grand Tourmalet, ce sont des essences d'arbres soigneusement sélectionnées qui sont plantées et maintenues par des tripodes en bois pour diminuer les risques d'avalanches de neige. À Øyer, au nord de Lillehammer, un méandre de la rivière Søre Brynsåa a été réouvert pour protéger un projet immobilier, accompagné de la création d'une zone tampon ayant une capacité de rétention d'eau en cas de crue. Dans le bassin du Serchio, pour faire face à la combinaison unique de risques aussi divers que les sécheresses et les inondations extrêmes, les tremblements de terre et la pollution de l'eau, les experts ont aménagé des bandes tampons végétalisées le long des canaux d'irrigation, creusé des bassins de sédimentation et modifié le profil des canaux. La liste n'est pas exhaustive.

« Les solutions basées sur la nature entraînent également des cobénéfices à différents niveaux et dans différents secteurs, précise Anna Scolobig. *C'est ce qui fait le succès de ce type de mesures. Elles améliorent en effet le sentiment de sécurité et la santé des populations concernées, tout en contribuant à l'atténuation des risques liés aux changements climatiques et en augmentant l'attractivité touristique d'une région, etc. »*

Il existe probablement autant de solutions basées sur la nature qu'il existe de cas de figure différents. L'un des objectifs du projet Phusicos est l'évaluation des facteurs favorisant ou bloquant la mise en œuvre de ces mesures. Cela comprend non seulement la possibilité – ou l'impossibilité – physique de les construire mais aussi leur financement et la qualité de la gouvernance des régions concernées.

Anna Scolobig s'est plus particulièrement intéressée au rôle croissant qu'est appelé à jouer le secteur privé dans cette problématique. Dans un rapport publié en novembre 2022, elle et des collègues rappellent que le secteur public reste, à ce jour, le principal bailleur de fonds des solutions basées sur la nature, mais qu'il sera de moins en moins en mesure d'assumer les coûts croissants engendrés par les désastres naturels.

« Les entreprises privées jouent déjà un rôle essentiel dans les aspects critiques de ces solutions, explique Anna Scolobig. *On trouve des entrepreneurs (sociétés de conseil et d'ingénierie, entreprises de construction, architectes paysagistes, fournisseurs de matériaux, sociétés de collecte de données) qui soutiennent presque toutes les étapes de la mise en œuvre de ces mesures, de la planification jusqu'aux opérations de construction et d'entretien sur le terrain. Leur expertise et leur savoir-faire représentent des conditions préalables fondamentales pour garantir la qualité et la réussite des solutions. Le problème, c'est que celles qui maîtrisent ces connaissances sont peu nombreuses. Nous avons donc cherché à mieux comprendre les défis et les obstacles auxquels est confronté le secteur privé et à trouver des idées pour les surmonter. »*

IL EXISTE PROBABLEMENT AUTANT DE SOLUTIONS BASÉES SUR LA NATURE QU'IL EXISTE DE CAS DE FIGURE DIFFÉRENTS.

Trois stratégies clés ont été identifiées par les scientifiques pour renforcer l'implication du secteur privé dans la mise en œuvre de solutions basées sur la nature. La première, et la plus importante, consiste à mettre à disposition des entrepreneurs les connaissances nécessaires – sous la forme notamment de séminaires de formation technique – et l'expertise accumulée dans des projets tels que Phusicos. Cette stratégie prône également une amélioration de la collaboration avec le secteur public et les autres acteurs potentiels impliqués dans une SBN via des programmes ou des centres de services locaux, régionaux ou nationaux. La deuxième stratégie prend la forme d'un soutien aux entreprises qui peuvent avoir du mal à estimer et à générer des revenus en participant à l'élaboration de SBN. Cela demande, entre autres, la mise en place de politiques et de normes adaptées ainsi que le développement de techniques de financement innovantes. La troisième stratégie, enfin, consiste à réduire les risques en termes de retard et de dépassement de budget ainsi que de responsabilité afin de rendre les SBN plus attrayantes pour les investisseurs. Cela peut passer par des assurances couvrant ces risques ou des garanties offertes par les gouvernements.

www.phusicos.eu
https://tinyurl.com/phusicos

HAUTE MONTAGNE

L'HIMALAYA, SOUS LA MENACE DES VIDANGES DE LACS GLACIAIRES

UNE ÉTUDE RÉCENTE DIRIGÉE PAR DES CHERCHEURS DE L'UNIGE DÉMONTRE QUE LE RISQUE DE CRUES DUES À LA RUPTURE DE LACS GLACIAIRES DANS LA RÉGION DE L'HIMALAYA ET DU PLATEAU TIBÉTAIN **VA TRIPLER DANS LES DÉCENNIES À VENIR**.

Simon Allen
Collaborateur scientifique à l'Institut des sciences de l'environnement

Formation : Il obtient sa thèse de doctorat en 2009 au Département de géographie de l'Université de Canterbury, en Nouvelle-Zélande.

Parcours : En 2009, il est engagé en tant que chercheur à l'Université de Berne. Il participe au GIEC (Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat) à différents postes. Il rejoint l'Université de Genève, ainsi que celle de Zurich en 2014.

Le 4 octobre dernier, un glissement de terrain à progression lente tombe dans le lac glaciaire South Lhonak, perché à plus de 5200 mètres d'altitude dans le nord de l'État indien du Sikkim. L'apport massif de terre et de pierre fait monter le niveau de l'eau qui déborde et ouvre une brèche dans la moraine qui la retient. La vidange brutale de plus de la moitié du volume du lac provoque une inondation éclair déferlant dans la vallée à une allure de 15 mètres par seconde. Les dégâts sont importants, plus de 150 maisons sont emportées et plusieurs ponts s'écroulent, isolant le centre touristique de Chungthang. Le premier barrage du complexe hydroélectrique sur la rivière Teesta, récemment construit, est totalement détruit par la masse d'eau et de débris, aggravant d'autant l'inondation éclair en aval suivie de son cortège de destructions. Quelque 54 personnes sont déclarées mortes et 141 sont portées disparues.

Le plus dramatique dans cette catastrophe naturelle, c'est qu'elle a été prédite et même modélisée il y a deux ans avec une précision troublante. Paru le 1er septembre 2021 dans *Geomorphology*, le scénario imaginé par des scientifiques, dont fait partie Simon Allen, chercheur à l'Institut des sciences de l'environnement, ne diffère avec la réalité que sur la cause de l'événement. Et encore. À la place d'un glissement de terrain proche du lac, c'est une avalanche de glace de roche venant des flancs de la montagne rendus instables par le réchauffement climatique qui provoque un tsunami sur South Lhonak, ouvrant une brèche dans la moraine. Il en résulte une vague de glace, d'eau, de boue et de rochers de 30 mètres de haut qui déferle sur la vallée et atteint le centre touristique de Chungthang trois heures plus tard. La simulation précise également que le barrage sur la rivière Teesta est touché.

LE PLUS DRAMATIQUE DANS CETTE CATASTROPHE NATURELLE, C'EST QU'ELLE A ÉTÉ PRÉDITE ET MÊME MODÉLISÉE.

Un lac sous surveillance Si cette simulation a été effectuée, c'est parce que le lac South Lhonak fait partie depuis plusieurs années d'un projet couvrant l'État du Sikkim et visant à instaurer des pratiques pour atténuer les risques en haute montagne, dont les vidanges brutales de lacs glaciaires. L'idée des scientifiques consiste à tester en conditions réelles les recommandations du Guide des meilleures pratiques pour l'évaluation des risques liés aux glaciers et au pergélisol, publié le 28 janvier 2022 dans la revue *Natural Hazard Science*, et dont le premier auteur est Simon Allen. Ce document combine une évaluation et une cartographie des risques fondées sur des scénarios et des modélisations. Il contient aussi une check-list facile d'usage pour aider les experts locaux à prendre en compte les facteurs les plus importants qui déterminent les risques dans leur région.

La mise en œuvre de ces lignes directrices au Sikkim, à laquelle participent Simon Allen ainsi qu'Anna Scolobig et Markus Stoffel, respectivement collaboratrice scientifique et professeur à l'ISE, et qui reçoit le soutien de la Direction du développement et de la coopération (DDC), a permis de dénombrer plus de 280 lacs glaciaires au Sikkim. En cartographiant ces derniers et les trajectoires potentielles des inondations ainsi que les installations hydroélectriques, les habitations, les routes et les terres agricoles, les scientifiques ont identifié deux lacs particulièrement préoccupants dont, précisément, le lac South Lhonak, l'un des plus grands et dont la croissance est la plus rapide.

Au moment de la catastrophe, les autorités indiennes et les experts suisses étaient en train de mettre en place des mesures susceptibles de réduire les risques futurs pour la population et l'économie de la région. Un système

UNE AVALANCHE D'AVALANCHES

• Rangpo, dans l'État indien du Sikkim (image ci-contre), le 9 octobre 2023. À la suite d'une vidange d'un lac glaciaire de haute altitude le 4 octobre 2023 (lire l'article principal), une crue brutale a inondé la valée de la Teesta, emportant des maisons et des ponts et endommageant une centrale électrique. Plusieurs dizaines de personnes ont été tuées.

• Le 7 février 2021, environ 27 millions de mètres cubes de roches et de glace s'effondrent de la face nord du pic Ronti, à Chamoli, dans l'État indien d'Uttarakhand. L'avalanche se transforme rapidement en une coulée de débris large et mobile qui transporte des blocs rocheux de plus de 20 mètres de diamètre et rabote les parois de la vallée jusqu'à 220 mètres au-dessus du fond, dévastant sur son passage deux projets hydroélectriques. Plus de 200 personnes sont tuées ou portées disparues.

• En juillet 2016, le lac glaciaire de Gongbatongshaco, au Tibet, rompt ses rives, envoyant brusquement d'énormes volumes d'eau dans la vallée. L'avalanche traverse la frontière du Népal, détruit la centrale hydroélectrique de Bhotekoshi et inonde l'autoroute reliant les deux pays. La catastrophe cause pour 70 millions de dollars de dégâts, mais ne fait aucune victime.

• En juin 2013, le Chorabari Tal, un bassin d'eau de pluie et d'eau de fonte perché dans l'Himalaya indien, dans lequel les cendres du mahatma Gandhi ont été immergées, se gonfle démesurément. La moraine glaciaire qui l'entoure cède. Des tombereaux de boue, de roches et d'eau dévalent le vallon et engloutissent le village de Kedarnath en contrebas, faisant des centaines de victimes.

d'alerte précoce amélioré, comprenant des plans d'évacuation et d'intervention d'urgence, était également en cours d'élaboration.
« Il est regrettable que cette catastrophe se soit produite avant que nous ayons achevé l'installation complète du système d'alerte précoce prévue au cours de l'année prochaine, explique Simon Allen. *Ce genre de dispositifs sont complexes et nécessitent de travailler avec les communautés locales et d'autres parties prenantes pendant un certain temps. J'espère que cette tragédie incitera les autorités à mettre davantage l'accent sur ce type de stratégies afin de réduire les risques associés au changement climatique rapide auquel est particulièrement soumis l'Himalaya. »*

De catastrophe en catastrophe Les vidanges brutales de lac glaciaire comme celle de South Lhonak et d'autres catastrophes similaires propres à la haute montagne sont appelées à se multiplier. En particulier dans ce qui est surnommé le « troisième pôle », à savoir la gigantesque région comprenant l'Hindu Kush-Himalaya, le plateau tibétain et les chaînes de montagnes environnantes. La dernière décennie enregistre de plus en plus d'événements similaires.
Dans un article de *Nature Climate Change* paru le mai 2021, une équipe codirigée par Markus Stoffel, professeur à l'Institut des sciences de l'environnement, et Simon Allen relève en effet que sous l'effet du réchauffement global, la formation de nouveaux lacs due au recul rapide des glaciers pourrait tripler le risque d'inondation pour les communautés et les infrastructures en aval.
En s'appuyant sur l'imagerie satellitaire et la modélisation topographique, les scientifiques ont évalué les risques associés aux 7000 lacs glaciaires recensés sur le troisième pôle. Un sur six (soit 1203 au total) présente actuellement un risque élevé à très élevé pour les communautés en aval, notamment dans les régions de l'Himalaya oriental et central de la Chine, de l'Inde, du Népal et du Bhoutan. Si rien ne change en matière d'émissions mondiales de CO_2, l'étude montre qu'une grande partie du troisième pôle pourrait s'approcher d'un état de risque maximal d'ici la fin du XXIe siècle. Plus de 13 000 lacs se rapprocheront progressivement des pentes abruptes et instables des montagnes dont la chute sur les plans d'eau pourrait provoquer de petits tsunamis et provoquer des inondations. Le nombre de lacs classés à haut ou très haut risque passerait ainsi de 1203 à 2963 et on verrait apparaître de nouveaux points chauds dans l'Himalaya occidental, le Karakorum et en Asie centrale.

Problèmes transfrontaliers La gestion des risques dans cette région du monde est d'autant plus complexe que le troisième pôle s'étend sur onze pays. Le risque de vidanges brutales de lacs glaciaires pouvant entraîner des catastrophes naturelles transfrontalières pourrait ainsi, lui aussi, doubler à l'avenir, selon la même étude. La région entre la Chine et le Népal est un point chaud majeur en la matière et le restera tandis que d'autres émergent, telles que les montagnes du Pamir entre le Tadjikistan et l'Afghanistan. *« Les régions transfrontalières sont particulièrement préoccupantes*, déclare Simon Allen. *Les tensions politiques peuvent constituer un véritable obstacle en empêchant le partage des données en temps voulu, la communication et la coordination nécessaires à une alerte précoce efficace et donc à l'atténuation des catastrophes. »*
Le problème des vidanges brutales de lacs glaciaires touche également la Suisse, dont les montagnes ne manquent pas de glaciers en plein recul. *« Cela représente toutefois une moins grande préoccupation qu'ailleurs*, précise Simon Allen. *Il y en a eu dans le passé et il y en aura certainement d'autres à l'avenir. Mais la plupart des glaciers instables, des pentes qui bougent ou des formations de lacs sont actuellement suivis de près. Et les barrages hydroélectriques, qui sont nombreux dans le pays, sont conçus pour résister à de tels événements. »*

BIPLOV BHUYAN / SOPA IMAGES / ALAMY

OÙ VA L'ARGENT ?

Dans le cadre du programme Adaptation at Altitude, lancé et soutenu par la Direction suisse du développement et de la coopération, Simon Allen, chercheur à l'Institut des sciences de l'environnement, a rédigé un rapport, *Le financement public de l'adaptation va-t-il aux régions montagneuses qui en ont le plus besoin ?*
Basé sur l'analyse de 444 projets mis en œuvre entre 2011 et 2019 dans 25 pays montagneux, ce document montre que les projets d'adaptation qui ciblent les régions montagneuses reçoivent en moyenne plus d'argent que les autres. Cela s'explique par les coûts plus importants engendrés l'étendue plus importante des espaces concernés par les risques naturels en montagne ainsi que leur plus grand isolement.
Par ailleurs, la Suisse, avec ses 71,3 millions de dollars, est l'un des principaux contributeurs au financement bilatéral (de pays à pays) des projets d'adaptation dans les régions de montagne. Elle est suivie par l'Allemagne (70 millions), le Canada (64 millions), l'Australie (36 millions) et la France (27 millions). Cela dit, la grande majorité du financement provient de donateurs multilatéraux (88 %), dont les Fonds pour l'environnement mondial, le Fonds pour les pays les moins avancés ou encore le Fonds vert pour le climat.
Les plus grands bénéficiaires sont la région de l'Hindu Kush-Himalaya (qui a reçu 1,8 milliard de dollars dont 1,1 milliard est allé à l'Inde), suivie des Andes (428 millions de dollars), de l'Asie centrale (300 millions de dollars) et de l'Afrique (250 millions de dollars).
Il en ressort aussi que l'aide financière à l'adaptation tend à se diriger vers les pays montagneux vulnérables mais pas vers les plus vulnérables. Ces derniers, tels que la République démocratique du Congo, l'Éthiopie, le Myanmar et la Tanzanie, n'ont ainsi reçu que peu de fonds pour l'adaptation des montagnes (17 % du total). Les donateurs semblent trouver un équilibre entre le besoin d'assistance du pays et sa capacité à mettre en œuvre l'adaptation. Le fait de favoriser uniquement les régions les plus vulnérables pourrait en effet mener à un échec en raison de leur incapacité à réaliser les mesures proposées.
L'étude suggère qu'en se concentrant davantage sur les projets d'adaptation venant des communautés montagnardes elles-mêmes (bottom-up), les donateurs pourraient obtenir de meilleurs résultats dans les pays les plus vulnérables. Ces initiatives communautaires ne sont généralement pas aussi dépendantes des institutions nationales et des structures de gouvernance. Cela signifie que des projets d'adaptation ciblés travaillant avec des ONG et des communautés locales pourraient être couronnés de succès et durables même dans les pays où le niveau de préparation est faible.

BRYCE VICKMARK

UN FONDS POUR LE CLIMAT FINANCÉ PAR L'IMPÔT SUR LES ENTREPRISES

INVITÉE À L'UNIVERSITÉ DE GENÈVE POUR RECEVOIR UN DOCTORAT HONORIS CAUSA ET DONNER UNE CONFÉRENCE, **ESTHER DUFLO, PRIX NOBEL D'ÉCONOMIE 2019,** PRÉSENTE L'IDÉE D'UN « PLAN MARSHALL » QUI PERMETTRAIT AUX PAYS PAUVRES LES PLUS VULNÉRABLES DE S'ADAPTER AUX CONSÉQUENCES DES CHANGEMENTS CLIMATIQUES.

Ses travaux auraient permis d'améliorer le quotidien de plus d'un demi-milliard de personnes parmi les plus démunies de la planète. Lauréate du prix Nobel d'économie 2019 – conjointement avec son époux et professeur d'économie Abhijit Banerjee et l'économiste du développement Michael Kremer – pour ses travaux sur la lutte contre la pauvreté, Esther Duflo a développé une méthode permettant d'évaluer l'efficacité des mesures d'aide au développement qui a été adoptée par de nombreux gouvernements aux quatre coins de la planète. Professeure au Département d'économie du Massachusetts Institute of Technology (MIT), celle qui a été la conseillère de l'ancien président des États-Unis Barack Obama milite aujourd'hui pour la mise en place d'une sorte de plan Marshall permettant aux pays disposant des plus bas revenus de s'adapter aux changements induits par l'évolution du climat. Elle a défendu cette idée lors de son récent passage à Genève où elle était invitée pour la remise d'un doctorat honoris causa dans le cadre du Dies Academicus et en tant qu'oratrice de la Conférence Luigi Solari 2023, organisée par l'Institut d'économie et d'économétrie (Faculté d'économie et de management). Morceaux choisis.

L'impact des changements climatiques sur la pauvreté

Le changement climatique et ses multiples conséquences risquent de réduire à néant les progrès qui ont été accomplis au cours des trente dernières années en matière de lutte contre la pauvreté. Face à la gravité de la situation, les pays riches – et en particulier les plus riches de leurs habitant-es – ne peuvent pas rester les bras croisés. Ils ont une responsabilité envers les populations pauvres de la planète. Le réchauffement climatique actuel, causé par les activités humaines, est en effet très largement imputable aux pays du monde occidental qui rechignent pourtant à accepter l'idée qu'ils devraient payer pour leurs erreurs passées. Au lieu de cela, ils préfèrent souvent pointer du doigt des pays comme la Chine ou l'Inde au motif que ce sont eux qui polluent aujourd'hui le plus massivement la planète. Le problème avec cet argument, c'est qu'une large part des émissions actuelles de CO_2 de l'Inde ou de la Chine est due à la production de biens qui sont consommés pour l'essentiel en Europe et aux États-Unis.

Le calcul de l'empreinte carbone

C'est une opération assez complexe. Si on s'en tient aux émissions de CO_2, une personne qui roule en voiture électrique obtiendra un score très bas. Mais si on y inclut la part d'électricité non durable consommée par ce même individu ainsi que l'énergie nécessaire à la fabrication de sa voiture, et notamment de la batterie qui l'équipe, le résultat changera drastiquement. Certains chercheurs ont développé des modèles permettant de calculer la distribution mondiale des empreintes carbone en fonction du revenu. Il en ressort que le 1 % de la population mondiale le plus riche émet plus de CO_2 que la moitié de la population mondiale la plus pauvre. Ces modèles révèlent également que si nous parvenions à éliminer complètement l'extrême pauvreté, soit les personnes vivant avec moins de 2 dollars par jour, les émissions mondiales n'augmenteraient que d'environ 2 %. Cela signifie qu'il n'y a pas à choisir entre l'éradication de la pauvreté et la sauvegarde de la planète.

Le prix des changements climatiques

Le coût du changement climatique, en particulier en termes de vies humaines, va se faire sentir le plus lourdement dans les parties les plus pauvres du monde. Il y aura certes des conséquences désagréables dans des pays comme la Suisse, avec le recul des glaciers, la fonte du pergélisol et la modification du cycle hydrologique. Mais si on parle de vie et de mort, ce qui devrait rester le principal critère pour évaluer les conséquences du changement climatique, le cœur du problème se trouvera dans les pays pauvres. D'abord parce qu'ils sont déjà situés dans des zones chaudes qui totalisent le plus de jours par an avec des températures dépassant les 32 °C – un phénomène qui va encore s'accentuer dans le futur. Ensuite parce que le coût des jours de canicule en termes de vies humaines n'est pas le même partout. Si vous vivez au Texas, vous allumez l'air conditionné chez vous et vous vous rendez dans votre bureau conditionné avec votre voiture conditionnée. La probabilité que vous mouriez à cause d'un pic de chaleur est donc très faible, sauf si vous êtes sans abri ou extrêmement défavorisé. Si vous habitez au Pakistan, par contre vous risquez fort de ne pas disposer de l'air conditionné dans votre logement, de ne pas avoir de voiture pour vous rendre à votre travail et de passer la journée soit dans les champs, soit sur un chantier, avec des conséquences plus graves pour la santé. Si nous continuons à maintenir nos émissions actuelles, les projections pour 2100 montrent que des régions comme la Suisse, le Royaume-Uni ou le nord de la France comptabiliseront moins de morts dus au climat qu'aujourd'hui. À l'inverse, on en déplorera beaucoup plus dans des régions comme le Sahel, la Somalie, le Pakistan, le Maghreb, voire le sud de l'Europe. Si bien qu'à l'échelle globale, on estime qu'il y aura 73 morts supplémentaires pour 100 000 personnes par rapport aux chiffres actuels, soit plus que les décès causés par les maladies infectieuses.

Les leçons manquées du covid

Nous sommes confrontés à une question politique très épineuse. Face à cet enjeu, une crise comme celle du covid aurait pu servir de répétition générale en montrant notre aptitude à agir de façon solidaire pour le bien commun. La pandémie n'a certes pas fait énormément de dégâts en termes de vies humaines dans les pays pauvres. Par contre, ceux-ci n'ont pas été épargnés par le ralentissement économique qui a touché le monde entier. Seulement, pour y faire face, les pays développés ont consacré près de 27 % de leur PIB à des mesures de relance économique. Celles-ci ont permis aux Européens de garder leur travail et aux États-uniens de bénéficier d'une assurance chômage généreuse. La pauvreté a même diminué aux États-Unis (particulièrement celle des enfants) mais elle a augmenté de nouveau quand les mesures de protection sociales exceptionnelles ont été retirées. Tandis que dans les pays à bas revenu, cet investissement n'a pas dépassé les 2 % d'un PIB par ailleurs bien moins élevé. Les Nations unies estiment que 71 millions de gens sont tombés dans la pauvreté extrême à cause de la pandémie. Leur donner un coup de pouce n'aurait pas coûté si cher, mais ce n'est pas le choix qui a été fait. Résultat : les économies des pays développés sont reparties très rapidement après la pandémie alors que dans les pays pauvres, la croissance est encore nulle ou négative. Il aurait été encore plus aisé de partager nos vaccins dont nous disposions en abondance et dont il aurait suffi d'assurer l'acheminement sur place. La question a d'ailleurs été débattue en marge d'un sommet du G8, mais dans les faits cette proposition est restée sans suite. C'est d'autant plus dommage que les pays pauvres ont pris acte de ces décisions, ce qui va rendre toute coopération future plus difficile. On a ainsi pu voir le peu d'enthousiasme montré en Afrique pour soutenir la cause ukrainienne et on commence à voir également des tensions émerger dans les discussions sur le climat.

Un fonds pour le climat

Le projet de créer un fonds dédié aux pertes et préjudices subis par les pays vulnérables durement touchés par les inondations, les sécheresses et autres catastrophes climatiques a été proposé lors de la Conférence de Charm el-Cheikh de 2022 sur les changements climatiques, dite COP27. Mais jusqu'ici, aucun argent n'y a été alloué. Il est pourtant crucial d'investir dans des mesures permettant aux pays en voie de développement de s'adapter au changement climatique. Ne serait-ce que pour offrir des alternatives énergétiques et éviter que des pays comme l'Inde, la Chine ou le Niger ne se tournent vers des sources fossiles pour protéger leurs citoyens contre l'augmentation des températures (en favorisant par exemple l'accès à la climatisation et donc en augmentant drastiquement la consommation d'électricité). Il est donc indispensable de repenser les modalités de redistribution des richesses à l'échelle internationale. Mais il est tout aussi indispensable de les modifier à l'échelon national si on veut éviter la généralisation de mouvements comme celui des gilets jaunes en France, qui est né de la colère de populations pauvres ayant le sentiment que c'était à elles qu'il revenait d'assumer la charge de la lutte contre le changement climatique. Le monde doit donc s'engager dans un mécanisme permettant de financer un fonds destiné exclusivement aux pays à bas revenu. Celui-ci devrait être équitable sur le plan national et international, permanent et idéalement fournir des incitations s'approchant d'une taxe carbone mais sans susciter la colère des populations pauvres.

Combien d'argent faut-il lever ?

Michael Greenstone, professeur d'économie environnementale au MIT, a chiffré à 37 dollars par tonne de CO_2 émise dans l'atmosphère les dommages causés par la surmortalité liée au changement climatique. Si on additionne les émissions produites par les États-Unis et l'Europe, on obtient un total d'environ 14 milliards de tonnes de CO_2 émises dans l'atmosphère par année, ce qui revient à imposer un coût annuel de mortalité de 518 milliards de dollars aux pays pauvres. À titre d'exemple, l'aide étrangère des États-Unis s'élève aujourd'hui à 56 milliards de dollars.

Où trouver ces fonds ?

Différentes options ont été envisagées comme une taxe sur l'extraction des combustibles fossiles, une taxe sur les billets d'avion, une taxe sur le transport maritime international, une taxe sur les combustibles fossiles ou encore d'autres instruments fiscaux qui ne sont pas

LA CANICULE DE 2022 EN INDE ET AU PAKISTAN

Karachi, Pakistan, le 17 mai 2022.

De mars à mai 2022, une vague de chaleur extrême touche l'Inde et le Pakistan. Elle se caractérise par sa précocité, sa durée exceptionnelle et ses températures anormalement élevées, dépassant régulièrement les 40°C. La barre symbolique des 50°C est même dépassée dans certaines régions. La ville de Jacobabad (Pakistan) enregistre ainsi une température de 51°C le 14 mai, ce qui est alors la température la plus élevée du monde en 2022.

ASIF HASSAN / AFP

directement reliés aux gaz à effet de serre. On peut aussi taxer les ultra-riches, par exemple les personnes qui font partie des 3000 contribuables les plus fortunés du monde. Pour ma part, je penche pour une solution que j'estime plus réaliste. Il existe en effet déjà un accord entre de nombreux pays sur l'imposition minimale des sociétés internationales. Cet accord, qui est soutenu par l'OCDE, envisage un taux d'imposition minimum d'environ 15 % pour les grandes entreprises. Selon l'Observatoire fiscal de l'Union européenne, ce mécanisme permettra de dégager une somme de 205 milliards d'euros. Si on élève ce taux à 18 %, on arrive à une somme de 318 milliards d'euros et si on passe à 20 %, on obtient 431 milliards d'euros, ce qui s'approche grandement de la cible visée.

Taxer davantage les riches

Ce serait bien normal que les riches paient au moins autant d'impôts que les classes moyennes, ce qui n'est pas le cas aujourd'hui. Si les pays occidentaux (dont la Suisse) se coordonnent pour une imposition minimale des plus riches, ils n'auront nulle part où s'enfuir.

Comment dépenser cette manne ?

L'économiste français Thomas Piketty propose simplement d'envoyer l'argent directement aux gouvernements concernés et de leur laisser le choix d'en faire ce qu'ils veulent parce que, après tout, c'est leur argent. À l'autre extrême, la vision défendue lors de la COP27 et partagée par la Banque mondiale et les Nations unies consiste à administrer cet argent comme un fonds sur lequel les pays destinataires n'auraient finalement que très peu de pouvoir. Ma proposition se situe quelque part entre ces deux visions. Elle consiste à exploiter le fait qu'il est désormais beaucoup plus facile, dans de nombreux pays, d'effectuer des transferts directement aux personnes pauvres via leurs téléphones portables. Et là où ce type d'infrastructure n'existe pas, elle peut être mise en place assez simplement. Comme nous sommes maintenant capables de prédire où certains événements climatiques sont susceptibles de se produire, on peut même imaginer de faire parvenir de manière préventive des fonds aux populations concernées. Une expérience assez concluante a été menée au Bangladesh. En payant les gens avant une inondation annoncée, on leur a permis de s'y préparer, voire de déménager pour éviter d'en être victimes. C'est une façon de procéder qui est à la fois rapide et efficace. De nombreuses études ont en effet montré que les gens utilisent le plus souvent l'argent qui leur est alloué à bon escient. Une partie de cet argent pourrait également servir à se débarrasser des technologies les plus polluantes, en aidant, par exemple, les populations à développer des sources d'électricité propres. Enfin, une dernière part de l'aide pourrait être destinée à la recherche afin d'améliorer les technologies digitales dont nous disposons en matière d'atténuation des risques liés au changement climatique au travers de fonds d'innovation.

Propos rassemblés par Vincent Monnet

FORAGE DANS LA BAIE DE BAFFIN

À BORD DU NAVIRE SCIENTIFIQUE « JOÏDES RESOLUTION », SANDRINE LE HOUEDEC A PARTICIPÉ À UNE MISSION QUI EST ALLÉE AU-DELÀ DU 70E PARALLÈLE NORD POUR RÉCOLTER DES CAROTTES DE SÉDIMENTS COUVRANT LES 15 DERNIERS MILLIONS D'ANNÉES.

« *Je ne crois pas que je revivrai un jour une telle aventure.* » Sandrine Le Houedec, maître-assistante au Département des sciences de la Terre (Faculté des sciences), vient de réaliser le rêve qu'elle caressait depuis plus d'une décennie, celui de partir en mission à bord du navire scientifique de forage *Joïdes Resolution*. Ce vieux bateau océanographique, mis à l'eau en 1978, lui a fourni les premières carottes de sédiments dont elle s'est servie, il y a 15 ans, dans le cadre de sa thèse portant sur l'évolution des courants marins. Depuis, elle n'a eu de cesse d'essayer de rejoindre, ne serait-ce qu'une fois, l'équipage de cet imposant bâtiment long de 142 mètres. Unique en son genre – ou presque –, il est doté d'un derrick de 62 mètres de haut permettant de forer jusqu'à des profondeurs de 6,9 kilomètres sous la surface de l'océan. L'occasion s'est enfin présentée pour la 400e mission du bateau, un voyage de deux mois qui a eu lieu cet été dans la baie de Baffin, à l'ouest du Groenland. Il se trouve que c'est aussi une des dernières sorties en mer du navire dans le cadre de l'International Ocean Discovery Program (IODP). En effet, après plus de quarante-cinq ans de bons et loyaux services, le *Joïdes Resolution* mettra fin en août 2024 à ses opérations à cause du retrait annoncé du plus gros contributeur financier à ce programme de forage scientifique, à savoir la National Science Foundation des États-Unis.

C'est au milieu du mois d'août que la jeune chercheuse embarque à Reykjavik avec une cinquantaine de scientifiques et de techniciens ainsi que de 64 membres d'équipage. Quelques jours de navigation suffisent pour contourner la pointe sud du Groenland et rejoindre la zone d'intérêt, au-delà du 73e parallèle, au-delà des dernières aurores boréales, là où, à cette date, le soleil ne se

GRÂCE À 12 PROPULSEURS LATÉRAUX, LE BATEAU EST PARFAITEMENT STABILISÉ ET L'IMMENSE DERRICK SE MET EN ACTION

Gros temps dans la baie de Baffin, à bord du « Joïdes Resolution ».

couche jamais complètement. Et les journées seront longues, effectivement.

« *Notre temps de travail était divisé en deux périodes de douze heures*, explique Sandrine Le Houedec. *Je faisais partie du groupe qui s'activait de midi à minuit. L'autre commençait à minuit et terminait à midi. Ce rythme a été conservé durant toute la mission et concernait tous les passagers. En d'autres termes, en deux mois, je n'ai croisé que la moitié d'entre eux. On aurait dit que deux mondes vivaient dans le même espace confiné sans se voir.* »

Les scientifiques (tout comme le reste de l'équipage d'ailleurs) se ménagent néanmoins des séances à chaque rotation pour faire le point sur l'avancement des opérations et passer le témoin au groupe suivant. L'objectif de la « mission 400 » est la réalisation de sept forages (six seront effectivement creusés, l'un d'entre eux ayant dû être arrêté) le long d'un transect de 200 kilomètres et il faut remonter des carottes assez profondes pour couvrir les 15 derniers millions d'années d'histoire sédimentaire de la région.

Le premier forage a lieu au beau milieu de la baie de Baffin, à mi-chemin entre le Canada et le Groenland, par 1800 mètres de fond. Grâce à 12 propulseurs latéraux, en plus des hélices principales, le bateau est parfaitement stabilisé et l'immense derrick se met en action. Le système de forage passe par le *moon pool*, un trou aménagé au centre du pont. Il consiste notamment en des dizaines de tubes d'acier, de 28 mètres chacun, qui sont fixés les uns sur les autres depuis le fond marin jusqu'à la surface de l'eau afin de créer un passage par lequel passe la tête de forage ainsi que les carottes qui peuvent ainsi remonter à l'air libre sans encombre.

Une fois que tout est en place, la tête de forage attaque le sol et commence son travail de sape. La carotte la plus longue de la mission mesure 975 mètres. Le système la fait remonter par morceaux de 13 mètres qui sont ensuite coupés en tronçons de 1,5 mètre, eux-mêmes sciés en deux comme des sandwichs.

« *Une moitié est destinée à la recherche immédiate et l'autre sera archivée pour plus tard*, précise Sandrine Le Houedec. *Elle servira peut-être un jour lorsque les techniques auront évolué et permettront d'effectuer des mesures aujourd'hui encore impossibles. Les échantillons que j'ai analysés pour ma thèse entre 2007 et 2011 avaient d'ailleurs été extraits dans les années 1960 et conservés depuis. À l'époque, les techniques que j'ai utilisées n'existaient pas encore.* »

Le savoir-faire des techniciens du *Joïdes Resolution* impressionne l'océanographe. Rien

Baie de Baffin

La baie de Baffin, nommée d'après l'explorateur britannique William Baffin, est recouverte de glace la plus grande partie de l'année. Cette période impraticable à la navigation devrait se raccourcir de plus en plus avec le réchauffement climatique.

Superficie : 689 000 km²

Profondeur maximale : 2136 mètres

Profondeur moyenne : 861 mètres

SANDRINE LE HOUDEC

ERICK BRAVO / IODP / JRSO

qu'à la variation de la vitesse de rotation de la foreuse, ils sentent si elle passe par des roches meubles ou dures et adaptent immédiatement les différents paramètres du système. Ces compétences sont d'autant plus précieuses que cette région est caractérisée par des dépôts compliqués, composés notamment de matériels grossiers et peu cohésifs venus des glaciers du Groenland. Des mètres entiers de sable ont ainsi été perdus dans l'océan. En tout, ce sont 2299 mètres de sédiments qui ont été récupérés sur les six sites de forage. À titre de comparaison, l'unique autre fois où ce bateau scientifique a réalisé des forages dans la mer de Baffin, c'était en 1985, ils n'en avaient sorti que 797 mètres.

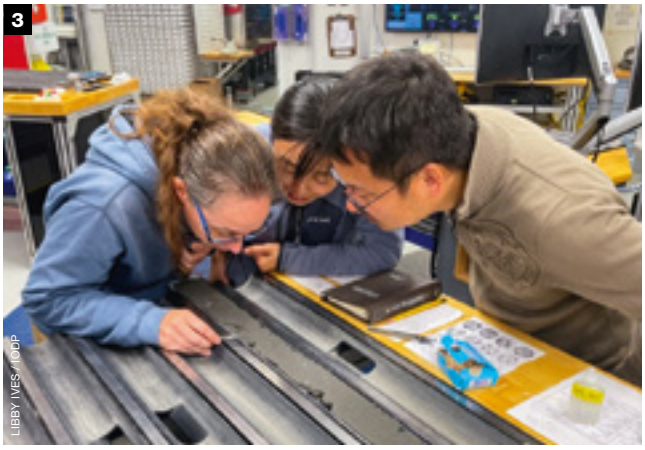
La qualité des carottes, d'apparence très foncée, est, elle aussi, excellente. Cependant, à première vue, les échantillons renferment relativement peu de restes de petits organismes à coquille tels que les foraminifères ou encore de dents de poissons qui sont précisément ce dont Sandrine Le Houedec a besoin pour sa recherche. Elle a cependant eu la chance d'identifier des fossiles entiers de brachiopodes (des coquillages cousins des mollusques), de gastéropodes et quelques vertèbres dont l'origine est encore mystérieuse. « *Les coquilles m'intéressent car elles renferment des éléments chimiques qui me renseignent sur les conditions environnementales de l'époque où elles ont été fabriquées*, signale-t-elle. *Les rapports entre les abondances des différents isotopes de l'oxygène, par exemple, m'informent sur la température moyenne, donc sur le climat. Ceux du néodyme, plus subtilement, me fournissent des indications sur les grands courants marins qui traversent les océans du globe.* »

Le rapport entre deux des isotopes de cette « terre rare » varie en effet beaucoup d'un océan à l'autre, selon qu'il est entouré de roches jeunes ou anciennes. Il est relativement élevé dans les eaux du Pacifique, qui est entouré de roches jeunes formées par l'activité volcanique de la ceinture de feu. Il est nettement plus faible dans l'Atlantique, qui est bordé par des roches plus anciennes des continents américain, africain et européen. Et la valeur est intermédiaire dans l'océan Indien.

L'analyse des sédiments permet de détecter des variations dans ce rapport isotopique du néodyme à travers des millions d'années et de retracer les changements qui ont affecté les courants marins globaux. La mer de Baffin, par exemple, est alimentée principalement par l'océan Atlantique, mais elle a reçu des apports d'eau plus ou moins importants du Pacifique via l'océan Arctique selon que le détroit de Béring était ouvert ou fermé.

L'ensemble de ces données permet donc de reconstruire l'histoire compliquée et entremêlée du climat et des courants marins à travers le temps. Le fait de remonter à 15 millions d'années dans le passé permet de couvrir le miocène (allant de -23 à -5,3 millions d'années) et le pliocène (de -5,3 à -2,6 millions d'années), deux époques géologiques marquées par des augmentations notables du taux de gaz carbonique dans l'atmosphère, comparables à la situation actuelle ou à venir. La concentration de CO_2 était en effet de moins de 300 parties pour million (ppm) à l'ère préindustrielle. Elle dépasse aujourd'hui les 410 ppm, ce qui est comparable à la situation du pliocène. Au cours du miocène, elle a même atteint 500 ppm, ce qui pourrait correspondre à un futur relativement proche si rien n'était fait pour juguler les émissions de gaz carbonique générées par les activités humaines.

« *Ces épisodes caractérisés par des taux élevés de CO_2 durant le pliocène et le miocène étaient à*



1 Le bateau océanographique « Joïdes Resolution » amarré à Reykjavik.

2 Largage de l'entonnoir (FFF pour « free-fall funnel ») le long du tuyau de forage.

3 Sandrine Le Houdec, à gauche, et ses collègues examinent une demi-carotte de sédiments.

chaque fois associés à des climats chauds, note Sandrine Le Houedec. *Les étudier nous permet de nous faire une idée plus précise de ce qui peut nous attendre avec le réchauffement climatique actuel.* »

En attendant, les carottes qui font surface sont stockées dans les entrailles du *Joïdes Resolution* et les scientifiques procèdent à des études préliminaires utiles à tout le monde (première datation des échantillons, compréhension des dépôts afin de déterminer à quel type d'environnement on a affaire, etc.). Le navire possède plusieurs laboratoires pour mener des investigations plus poussées mais ils ne sont pas assez sophistiqués pour les analyses de géochimie isotopique dont Sandrine Le Houedec a besoin. Elle devra pour cela attendre que les carottes soient envoyées à leur destination finale, à savoir un hangar renfermant une énorme chambre froide à Brême, en Allemagne, où sont stockés tous les échantillons prélevés par le navire de forage depuis quarante ans dans l'océan Atlantique. Là, en coordination avec les responsables scientifiques de la mission, elle pourra en prélever les fragments qui l'intéressent pour les étudier à Genève.

« *Les rapports entre les scientifiques à bord étaient excellents*, souligne Sandrine Le Houedec. *Tout le monde était content de faire partie de cette mission océanographique. Il n'y avait pas de compétition ni de rapport hiérarchique entre nous. Que l'on soit professeur, étudiant ou simple chercheur, chacun avait son domaine d'expertise, du paléomagnétisme à la paléontologie en passant par la géochimie, la sédimentologie et les domaines des foraminifères, des diatomées ou encore des spores et des pollens. On pouvait obtenir de première main toutes les informations que l'on voulait sur n'importe quel aspect de notre recherche. C'est unique.* »

Compte tenu de l'environnement très septentrional, les conditions de vie sont excellentes, surtout grâce au fait que la chercheuse genevoise ne souffre pas du tout du mal de mer – contrairement à certains de ses collègues. Sur le *Joïdes Resolution*, on mange bien (deux chefs se relayent aux fourneaux) et le bateau compte une salle de sport et une salle de cinéma pour se détendre. Sandrine Le Houedec ne manque pas une occasion pour sortir sur un des ponts accessibles aux passagers.

LE DANGER PRINCIPAL, CE SONT LES ICEBERGS. IL N'EST PAS QUESTION DE REJOUER L'HISTOIRE DU « TITANIC ».

Le danger principal, ce sont les icebergs. Il n'est pas question de rejouer l'histoire du Titanic. Un membre – deux en fait – est préposé en permanence à la surveillance de ces gros glaçons errants. Les images satellites l'avertissent de la présence des plus gros mais il doit parfois détecter les plus petits à vue. Au moindre soupçon de la présence d'un iceberg dans les parages immédiats, c'est le branle-bas de combat. Une sorte d'énorme entonnoir est enfilé autour du tube et guidé vers le fond où il se plante solidement dans le trou de forage. Les tubes sont ensuite enlevés un par un et remis dans la cale, ce qui prend des heures. Une fois le navire libéré de son cordon ombilical, il peut prendre le large et attendre que la menace s'éloigne.

Dès que le danger est écarté, le navire revient précisément au-dessus du trou de forage grâce aux coordonnées GPS et remet en place les tubes via l'entonnoir qui permet de les guider au bon endroit.

Les tempêtes, quant à elles, ne représentent pas de risque élevé. Deux météorologues sont à l'affût du moindre grain. La mission 400 en essuie deux. Le vacarme des vagues qui s'écrasent contre la coque est assez impressionnant, le tangage s'accentue, des parties du pont sont interdites en fonction de la rudesse des conditions météorologiques. Mais c'est tout.

« *On peut diviser le voyage en quatre phases*, résume Sandrine Le Houedec. *Le premier mois, c'est l'euphorie. Tout est neuf, l'enthousiasme est au maximum et le temps passe très vite. Les deux semaines suivantes sont critiques. On commence à bien connaître les procédures et les structures. On entre dans une routine et le temps devient un peu plus long. Le même jour semble se répéter sans fin. Les deux dernières semaines, en revanche, on commence à entrevoir la fin de la mission. Les choses se mettent en place dans la tête, le projet scientifique que nous poursuivons prend du sens. Il faut aussi rédiger des rapports avant l'arrivée. Le temps accélère de nouveau. Et puis, il y a les deux derniers jours de transit vers Reykjavik. Et là, dans notre cas, c'était assez émotionnel.* »

Pour Sandrine Le Houedec et les autres scientifiques, c'est en effet une aventure exceptionnelle qui prend fin. Et pour le reste de l'équipage, avec qui elle a passé deux mois de vie, c'est le projet du *Joïdes Resolution* au sein de l'IODP qui se rapproche un peu plus de sa dernière mission.

Anton Vos

CELLE QUI VEUT DONNER ENVIE DE CHANGER LE MONDE

PROFESSEURE ASSISTANTE À L'INSTITUT DE MANAGEMENT, **CHRISTINA HERTEL** EST SPÉCIALISTE DE L'ENTREPRENEURIAT COMMUNAUTAIRE, DE LA MESURE DE LA DURABILITÉ ET DE L'IMPACT DES START-UP. ELLE DIRIGE LE CENTRE POUR L'ENTREPRENEURIAT RESPONSABLE DE GENÈVE. PORTRAIT.

Certains l'ont peut-être remarquée, dans les mois précédant le confinement, au volant de sa Golf remorquant une de ces petites caravanes toutes rondes, tout droit sorties des années 1960, lui servant de logement et de bureau ambulant. Sillonnant les routes campagnardes de la Suisse allemande pour visiter une coopérative de fromage de chèvre, un hôtel-restaurant tenu par une association de villageois ou encore des remontées mécaniques gérées par les habitants de la commune. Christina Hertel, alors chargée de cours à l'EPFL, défrichait à l'aide de cet attelage peu habituel un champ d'étude totalement nouveau, celui des entreprises communautaires et de leur impact économique et social. Fraîchement engagée à l'Université de Genève, elle est aujourd'hui, à 34 ans à peine, professeure assistante à l'Institut de management (Faculté d'économie et de management) et directrice du tout nouveau Centre pour l'entrepreneuriat responsable de Genève. Retour sur le parcours de celle qui veut donner envie à ses étudiants de changer le monde.

Christina Hertel est née en 1989 à Munich, petite dernière d'une fratrie de cinq enfants dont le plus jeune a 15 ans de plus qu'elle. Son père est avocat, spécialisé dans les sinistres de la route. Un métier qui a indéniablement influencé l'éducation qu'il donne à sa fille.

« *Mon père m'a appris très tôt qu'il est important de se battre pour ceux qui ont besoin d'aide, de ne pas attendre que les autres résolvent ses propres problèmes, d'agir et d'assumer ses responsabilités*, se remémore-t-elle. *Il voulait aussi que je sois très précise lorsque je posais des questions. Comme tous les enfants, j'en avais beaucoup. Mais il ne me répondait pas s'il estimait qu'elles étaient mal formulées. Pose une meilleure question, disait-il, et tu auras une meilleure réponse.* »

Sa mère, elle, est l'assistante de son avocat de mari. La façade de la petite entreprise familiale, c'est lui, certes, mais c'est son épouse qui fait tourner la boîte.

L'enfance de Christina Hertel se passe sans histoires. Parmi ses hobbies, la voile prend une place de choix. Elle la pratique sur le Chiemsee, à une heure de route de Munich, une destination qui a un certain poids sentimental. « *C'est l'endroit où mon père, enfant, s'est réfugié à la fin de la guerre pour se protéger des bombardements* », précise-t-elle.

La Grande Barrière de corail Quand elle entre au gymnase, elle est encore très indécise sur ce qu'elle veut faire. Ses parents lui ont inculqué l'idée qu'il faut travailler dur pour réussir des choses dans sa vie. Mais elle n'arrive pas encore à identifier les domaines dans lesquels elle aimerait s'investir réellement.

Un premier déclic survient en Australie. Elle y découvre une nature imposante, en particulier la Grande Barrière de corail. La beauté du site l'impressionne tout autant que son extrême fragilité. Elle est frappée par l'étendue du blanchiment du corail. Directement confrontée à l'impact des activités humaines sur la planète, elle comprend pour la première fois pleinement ce que signifient des termes comme « changement climatique » ou « développement durable ».

De retour en Allemagne, elle creuse le sujet et consacre son travail de fin de gymnase à ce récif géant de l'est de l'Australie. Elle s'engage aussi davantage dans la défense de la cause animale, une façon concrète d'aider la nature. Mais cela ne suffit pas à répondre totalement à une envie de plus en plus pressante d'exercer une influence notable sur le cours des choses. Autrement dit : de se rendre utile.

Le « biergarten » L'année suivante, elle s'inscrit à l'Université technique de Munich et, comme elle aime les défis, opte pour le génie mécanique avant d'y ajouter des cours de management. Mais elle n'a toujours aucune idée de ce que sera son métier.

Ce n'est finalement pas sur les bancs de l'université que lui vient la révélation, mais sur ceux d'un *biergarten*, une de ces brasseries en plein air typiquement munichoises où on boit de la bière, serrés les uns contre les autres, autour de grandes tables communes.

« *Je me suis retrouvée avec un groupe de jeunes entrepreneurs qui venaient de fonder une start-up active dans le domaine de l'énergie renouvelable*, se rappelle-t-elle. *Il est possible que nous ayons bu pas mal de bière ce soir-là. Mais nous avons surtout beaucoup parlé. J'ai pris conscience que lancer une entreprise, c'est un acte très puissant. Vous avez une idée pour aider à changer le monde et vous la transformez en réalité. Ça m'a tellement emballée que le soir même, j'ai écrit un e-mail à mes nouveaux amis pour leur demander si je pouvais effectuer un stage chez eux. J'ai commencé un mois plus tard. J'ai enfin senti que je faisais quelque chose d'utile.* »

Bio express

1989 : Naissance à Munich.

2016 : Maîtrise universitaire à l'Université technique de Munich.

2018 : Thèse de doctorat à l'Université technique Munich : « *L'entrepreneuriat communautaire. Vers un domaine de recherche légitime.* » Le travail remporte le prix de la recherche Roman Herzog.

2018 : Postdoctorat à l'École polytechnique fédérale de Lausanne.

2022 : Professeure assistante à l'Institut de management et directrice du Centre pour l'entrepreneuriat responsable de Genève.

FABIEN SCOTTI

Le stage au sein de Polarstern – c'est le nom de la start-up dont la devise est « weniger bullshit, mehr wirklich » et qui emploie aujourd'hui une cinquantaine de personnes – se déroule si bien que l'étudiante continue à y travailler au-delà du terme. Elle touche un peu à tout, de l'administratif au marketing en passant par le contact avec les clients. Elle poursuit ses études en parallèle et parvient même à réaliser son travail de baccalauréat universitaire sur la petite entreprise qui l'emploie.

Christina Hertel découvre à cette occasion qu'elle adore la recherche. Polarstern est une entreprise qui fonctionne bien mais qui, comme beaucoup d'autres, doit sans cesse lutter contre des éléments contraires pour survivre. Identifier ces obstacles, trouver des solutions pour les franchir et en faire profiter d'autres entreprises naissantes, lui plaît énormément. Elle comprend qu'elle aime réfléchir sur des concepts et des définitions. Et la partie enquête de son travail lui permet aussi de mettre en pratique un talent hérité de son père, à savoir poser de bonnes questions pour obtenir de bonnes réponses.

À la fin du baccalauréat, son professeur lui propose une place de chercheuse dans son équipe, active notamment dans l'entrepreneuriat durable. Elle accepte, tout en se lançant dans un programme de maîtrise universitaire sur la gestion durable des ressources.

Embrasser les arbres *« C'est à ce moment que j'ai commencé à m'intéresser aux entreprises communautaires*, explique-t-elle. *Ce sont des gens d'un village ou d'une commune qui choisissent de former une entreprise afin de répondre à des besoins ou à des problèmes locaux. En étant nombreux à se lancer dans l'aventure, ils peuvent s'appuyer sur davantage de compétences et de ressources que s'ils n'étaient qu'une poignée. Le champ des possibles devient alors beaucoup plus grand. »*

Sa fascination pour ces structures est telle qu'elle décide de leur consacrer sa thèse de doctorat. Son professeur s'en émeut. Pour lui, ce sujet est trop étroit et c'est une affaire de hippies, d'illuminés qui embrassent les arbres. En bref, on est loin de ce qu'on étudie habituellement dans un Département de management. Mais Christina Hertel n'en démord pas.

Parcourant en tous sens la campagne bavaroise, elle consacre son travail à des communautés intentionnelles (écovillages, coopératives d'habitations…) ainsi qu'à des entreprises créées dans des villages ruraux destinées à remettre en place un supermarché, un restaurant, une gare de train ou encore un cinéma qui avait disparu. Ce genre d'initiative mobilise à chaque fois au moins 100 ou 200 membres de la communauté locale.

« La rencontre avec ces personnes a représenté pour moi la plus grande des inspirations, note-t-elle. *Elles travaillent si dur et sont en même temps si humbles. Elles ne se vantent pas de leurs accomplissements et se demandaient honnêtement comment il était possible que leurs activités intéressent une universitaire comme moi. Tout le contraire des ego surdimensionnés représentatifs du monde de l'entrepreneuriat. »*

Approcher ces communautés souvent modestes s'avère néanmoins assez délicat. Le fonctionnement des entreprises communautaires dépend beaucoup des spécificités culturelles de l'endroit et des relations entre les membres. La chercheuse doit donc passer du temps sur place, plusieurs jours, voire des semaines, pour amadouer ces communautés. Elle n'hésite donc pas à se lever à 5 heures du matin pour s'occuper des vaches d'une ferme collective, faire les foins ou conduire un camion. Il lui faut faire la preuve qu'elle n'est pas une citadine hors-sol. C'est le prix à

La caravane utilisée par Christina Hertel pour son travail de terrain auprès des entreprises communautaires en Suisse.

payer pour que ses interlocuteurs s'ouvrent et acceptent de parler de leur travail et de leurs motivations. *« C'est aussi le secret du succès de ma thèse »*, confie-t-elle.

« Mes plus belles années » Le but de son travail est ambitieux. Christina Hertel veut faire de l'étude de l'entrepreneuriat communautaire un domaine de recherche légitime. Ce qui n'est alors pas du tout le cas, du moins dans la discipline du management et de l'entrepreneuriat. Quasiment aucune publication dans ce domaine ne lui est consacrée dans la littérature scientifique de qualité.

Pourtant, selon elle, l'entrepreneuriat communautaire a une foule d'enseignements à apporter au management en général, tels que les façons de collaborer, l'organisation ou la sociologie de ces entreprises, etc. La doctorante montre aussi comment ces initiatives locales permettent de créer de nouvelles identités culturelles ou de renforcer celles qui existent déjà mais avaient peut-être tendance à disparaître. Elle est également frappée de constater à quel point ces structures communautaires donnent aux gens le sentiment de pouvoir agir sur leur vie. Au lieu de se plaindre des problèmes et de les subir, ils participent à leur résolution. Leur état d'esprit change. La recherche d'une solution amène à en trouver une autre à chaque fois qu'un nouvel obstacle surgit.

« Ce sont mes plus belles années », se remémore Christina Hertel. Défendue en 2018, sa thèse décroche le prix de la recherche Roman Herzog, du nom de l'ancien président de la République fédérale d'Allemagne (1996-1999) et qui récompense des travaux remarquables qui contribuent au développement de l'économie sociale de marché.

À peine devenue docteure, elle est recrutée par Marc Gruber, professeur à la Chaire d'entrepreneuriat et de commercialisation des technologies à l'EPFL pour un projet postdoctoral, une fois de plus sur les entreprises communautaires. Les premiers mois, elle se rend fréquemment sur le terrain avec sa caravane. Elle découvre la Suisse au travers d'hôtels, de petites installations de remontées mécaniques, de laiteries et autres caves. Le covid et le confinement en mars 2020 mettent un frein brutal à cette activité.

C'est aussi à cette époque qu'un groupe d'étudiants de l'Université de Saint-Gall entre en contact avec elle. Ils cherchent à savoir comment des concepts comme la durabilité et l'impact peuvent être intégrés dans la création de start-up ainsi que dans la prise de décision des investisseurs. La question se transforme vite en un projet scientifique.

« Je suis passée de la question de savoir comment des entreprises communautaires peuvent créer des changements sociétaux à celle de comprendre comment n'importe quelle entreprise naissante peut être rendue durable et responsable, constate Christina Hertel. *Pour y parvenir, nous avons développé une méthodologie permettant d'évaluer la durabilité opérationnelle d'une start-up, puis l'impact que pourrait avoir sur la société et l'environnement le bien ou le service qu'elle produit. »*

Unique en son genre Elle et son équipe en tirent alors un outil informatique (Levo) disponible en ligne pour toutes les entreprises qui le souhaitent. Le logiciel est unique en son genre. Il existe déjà des produits sur Internet qui proposent des évaluations de la durabilité d'une entreprise. Mais ils sont sommaires. Le questionnaire ne prend que dix minutes et le résultat est une simple note entre 1 et 10. Le problème, c'est que la durabilité d'une entreprise dépend de tellement de facteurs (le domaine d'activité, la taille de la société, le contexte…) qu'il est impossible de la réduire à un score.

« Nous avons refusé une telle démarche, précise Christina Hertel. *Notre outil demande quatre heures de travail. En plus, c'est un fondateur de l'entreprise, qui connaît bien tous les rouages, qui doit l'utiliser, pas un stagiaire. Le résultat est une carte interactive qui permet de savoir quelle partie de l'entreprise produit quel impact. Toutes les start-up qui y ont eu recours à ce jour l'ont jugé très utile. Mais les entrepreneurs trouvent qu'il demande trop de temps. La durabilité n'est pas encore une priorité pour une start-up. »*

Cela dit, toutes les données collectées durant le développement de l'outil auprès des utilisateurs ont été conservées à des fins de recherche. La base de données continue de s'étoffer. Une des idées consiste à en tirer des enseignements utiles tels que le lien éventuel entre la durabilité des entreprises et leurs performances financières.

« Même s'il fonctionne un peu au ralenti pour l'instant, je suis très fière de Levo, indique-t-elle. *C'est un peu mon bébé scientifique – en plus des deux autres bébés humains que j'ai eus entre-temps. »*

Le bout du lac Son travail ne passe pas inaperçu et elle décroche un poste de professeure-assistante agrémenté de la position de directrice d'un tout nouveau Centre pour l'entrepreneuriat responsable (Geneva Responsible Entrepreneurship Center ou GREC). L'un des objectifs de cette structure actuellement en pleine construction est de faciliter la transmission de l'esprit d'entreprise aux étudiant-es.

« Il y a tellement d'idées dans cette université », s'enthousiasme Christina Hertel qui est entrée en fonction le 1er décembre 2022. *« Et elles sont tellement plus diverses que dans les écoles techniques. Le problème, cependant, c'est qu'il manque ici ce que je crois être la confiance des étudiant-es en la qualité de leurs idées, dans le fait que celles-ci valent la peine d'être promues par une start-up et que les étudiants et les étudiantes pourraient, eux et elles-mêmes, se lancer dans l'aventure. Nous voulons leur faire comprendre que l'esprit d'entreprise est un outil qui permet de changer le monde et qu'il leur offre la possibilité d'en être les acteurs et actrices. Et même s'ils ne se sentent pas encore capables de le faire, ils peuvent utiliser leurs études pour expérimenter, apprendre et, lorsqu'une idée surviendra, la transformer en entreprise. Le cours de baccalauréat que je donne aux étudiant-es de la faculté s'appelle « entrepreneurial thinking » (pensée entrepreneuriale) et il vise à insuffler un état d'esprit, à transmettre des compétences non techniques comme l'imagination, la capacité de collaboration, bref, tout ce qui précède la rédaction d'un plan d'affaires. »*

Une façon de leur donner cette même révélation qu'elle a reçue, il y a une douzaine d'années, sur les bancs d'un *biergarten* munichois.

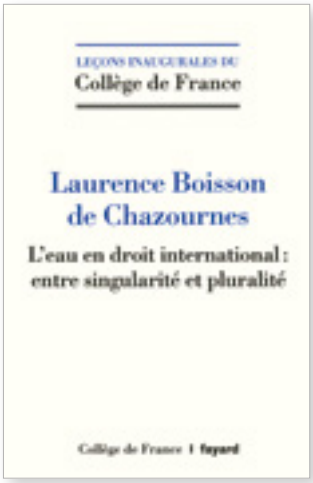
Anton Vos

Références :
mediatum.ub.tum.de/1454481 (thèse de Christina Hertel)
levoframework.com (site de l'outil informatique Levo)
youtube.com/watch?v=CHQJSPvP1Po (entretien dans *LeJournal*)

À LIRE

DU DROIT DE L'EAU

Élément essentiel à la vie sur Terre, l'eau est une ressource qui se fait rare. Alors que l'eau douce équivaut à moins de 1 % de l'ensemble de l'eau présente sur la planète, sa consommation a en effet été multipliée par six au cours des cent dernières années, tandis que dégradations et dérèglements environnementaux pèsent de plus en plus sur les systèmes aquifères. Face à ce constat, il est indispensable de se doter d'outils permettant d'assurer la sauvegarde de cette ressource au niveau international. Un objectif qui est encore loin d'être atteint même si d'importants progrès ont été réalisés au cours des dernières décennies. Comme le rappelle Laurence Boisson de Chazournes, professeure à la Faculté de droit, dans ce texte présenté lors de sa nomination à la chaire Avenir commun durable du Collège de France, l'entrée de l'eau dans le monde du droit est relativement tardive. Même s'il existe dès l'Antiquité des instruments juridiques régissant les usages des ressources en eau, ce n'est qu'à partir de la fin du XIXe siècle que les fleuves et les lacs frontaliers suscitent l'attention du droit international moderne. Il s'agit alors de concilier délimitation des territoires et besoins des populations locales tout en favorisant la liberté de navigation nécessaire à l'accroissement des échanges commerciaux. L'idée qui prévaut dès lors est d'assurer un partage équitable et raisonnable des ressources disponibles. Pensé dans un contexte d'abondance, ce postulat est remis en question dans la dernière partie du XXe siècle pour faire place à une gestion plus durable des cours d'eau visant à prendre en compte le bassin hydrologique dans son entier et tenant compte non seulement des enjeux sociaux et économiques, mais aussi du respect de l'environnement. Concrétisé par l'émergence d'un droit humain à l'eau, ce mouvement s'est largement affirmé dans le cadre du droit onusien, l'un des objectifs de développement durable adoptés en 2015 garantissant notamment l'accès à l'eau potable et à l'assainissement pour toutes et tous en 2030. Mais il reste de nombreux trous dans le filet. Les eaux souterraines, qui représentent 99 % des ressources en eau douce disponibles sur la planète, échappent ainsi encore largement au droit international. Les formations glacières, telles que les icebergs, sont dans une situation identique, de même que l'eau atmosphérique contenue dans les nuages. Enfin, en temps de sguerre, l'eau reste une cible prisée par les belligérants comme en témoignent les nombreuses attaques subies au cours des derniers mois par les infrastructures hydrauliques ukrainiennes. **VM**



«L'Eau en droit international : entre singularité et pluralité», par Laurence Boisson de Chazournes, Éd. Collège de France/ Fayard, 80 p.

LA JUSTICE FACE AUX VIOLENCES SEXUELLES

En juin dernier, après des années de délibérations, le Parlement fédéral a adopté un projet de loi visant à réformer le droit pénal sexuel dans notre pays. Salué comme un progrès par les organisations féministes et les associations de soutien aux victimes, ce texte intègre l'état de choc et la sidération comme expressions reconnues du non-consentement et établit que toute pénétration sexuelle commise contre la volonté d'une personne sera désormais punissable comme viol, précisant que ce n'est plus l'utilisation d'un moyen de contrainte par l'auteur, mais le refus d'une victime qui définit une violence pénalement répréhensible. Ce changement de paradigme, qui maintient donc la nécessité pour la victime de prouver son refus, ne résout cependant pas tout. Comme le montre l'étude menée à Genève par l'auteure, un très grand nombre de victimes renoncent en effet à entamer une procédure judiciaire, que ce soit à cause du sentiment de honte qui les habite, parce qu'elles souhaitent oublier au plus vite ou par manque de confiance dans le système judiciaire. Et celles qui choisissent de franchir le pas se retrouvent face à un système qui, prisonnier d'un certain nombre de stéréotypes, peine à prendre en compte les préjudices qu'elles ont subis et à condamner les coupables en conséquence, notamment lorsque les violences sexuelles ont pour cadre la sphère conjugale ou que l'agresseur est issu de la classe moyenne ou supérieure. Pour y remédier, l'auteure suggère de repenser la place faite aux victimes dans les procédures et de former les professionnel-les de la justice à une meilleure compréhension des spécificités liées aux violences sexuelles. **VM**

«Oui, c'est oui. Le Consentement à l'épreuve de la justice», par Marylène Lieber, Éd. Seismo, 74 p.

DESSINE-MOI UNE BALEINE

On sait aujourd'hui que les cétacés peuplant les océans de notre planète sont des animaux sociables et paisibles qui ne représentent en règle générale aucun danger pour l'être humain. Il n'en a cependant pas toujours été ainsi. Les grands animaux marins que l'on peut regrouper sous le terme générique de baleine ont en effet suscité craintes et fantasmes des siècles durant avant de devenir un objet de connaissance et un motif littéraire au moment de la Renaissance. C'est l'histoire de ce lent basculement que tente de saisir cet ouvrage. Si la baleine a longtemps résisté à l'analyse scientifique, c'est d'abord parce que, évoluant dans les profondeurs de l'océan, elle s'est longtemps dérobée à l'observation. Au XVIe siècle, les médecins-naturalistes qui se penchent sur son cas s'appuient donc essentiellement sur des informations livresques. Aux maigres descriptions léguées par les savants de l'Antiquité s'ajoutent des récits mythologiques ou poétiques ainsi que les textes issus de la tradition chrétienne. Le portrait qui en découle est celui d'une créature vorace et sournoise, dont Dieu se servirait pour mettre les hommes à l'épreuve, ce dont attestent notamment les mésaventures de Jonas ou la figure du Léviathan mentionnée dans le Livre de Job. Le développement de l'ichtyologie et les progrès de la navigation entraînent toutefois un changement de paradigme permettant à la baleine de quitter progressivement ses habits de monstre imaginaire pour ceux d'un animal décrit de manière aussi conforme que possible à la réalité. Ce qui ne lui évitera pas de faire l'objet de certaines instrumentalisations polémiques. Rabelais s'en emparera ainsi pour mener une satire contre le Saint-Siège, tandis que la rhétorique réformée s'en servira abondamment pour exprimer allégoriquement la monstruosité de l'Église romaine. **VM**

«D'Os et de vent. Penser la baleine à la Renaissance», par Adrien Mangili, Éd. Classiques Garnier, 256 p.

CAPITAL SANS VERTU

En étudiant deux entreprises suisses actives dans le domaine des machines-outils, Aris Martinelli démontre que les grands groupes fonctionnant en réseaux issus de la mondialisation servent surtout ceux qui les dirigent et conduisent à une dégradation des conditions de travail de leurs salarié-es.

«Le Capital et le travail dans les chaînes mondiales de valeur. Stratégies de profit et conditions de travail dans l'industrie suisse des machines», par Aris Martinelli, Éd. Alphil, 417 p.

TABOU MENSTRUEL

Fruit d'une enquête de trois ans, cet ouvrage examine les représentations qui entourent les menstruations dans le monde professionnel. Il sonde les répercussions de cette stigmatisation des femmes sur leurs études, puis sur leur carrière, tout en proposant des pistes d'action pour combattre ce tabou, faisant au passage le point sur le congé menstruel.

«Briser le tabou des règles», par Aline Boeuf, Éditions 41, 192 p.

LA FABRIQUE DES ORIGINES

Cet ouvrage collectif vise à clarifier les relations entre la restauration matérielle et la politique dans l'art de la Renaissance italienne. Il se concentre sur la question de l'origine en tant que point d'ancrage de l'identité politique, patrimoniale et culturelle.

«Restoration as Fabrication of Origins. A Material and Political History of Italian Renaissance Art», par Henri de Riedmatten, Fabio Gaffo, Mathilde Jaccard, Éd. De Gruyter, 190 p.

SEXUALITÉ À L'ÉCOLE

Disponible gratuitement en version papier ou électronique, ce bref manuel illustré d'une trentaine de pages encourage l'adoption d'un langage inclusif, la diversification des représentations, le développement d'un regard critique et l'intégration du plaisir dans toutes les disciplines du cursus scolaire.

«Sexualité positive, oui!», par Gabrielle Richard, Éd. Centre Maurice Chalumeau en sciences des sexualités, 28 p.

RENAÎTRE DANS LA GUERRE.

LOUHANSK.UN MUSÉE DÉPLACÉ

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

du 7 décembre 2023
au 19 janvier 2024

unige.ch/-/louhansk
#unigexpo

ЛУГАНСЬКИЙ МУЗЕЙ · HERITAGE GENEVA · OBMIN · FONDS GÉNÉRAL · UNI FR · UNHCR Refugees · GEDT · UNIVERSITÉ DE GENÈVE