

en DIRECT

LE JOURNAL DE LA RECHERCHE ET DU TRANSFERT DE L'ARC JURASSIEN - NUMÉRO 304 - JANVIER - FÉVRIER 2023

GRAND FORMAT [AVENTURES EXTRÊMES]

DIRECTION : LE GRAND NORD

UN MONDE D'EXPÉRIENCES

UX-Lab, laboratoire de test utilisateur

INNOVATION TECHNOLOGIQUE

MHYTIC, un véhicule hydrogène prometteur
pour la petite mobilité

PHÉNOMÈNE [DE SOCIÉTÉ]

Il y a du complot dans l'air...

ANALYSE [EN CONTEXTE]

La Chine, une société politiquement correcte ?



L'ÉQUIPE D'EN DIRECT
VOUS SOUHAITE
UNE BONNE ANNÉE 2023 !

EN DIRECT

NUMÉRO 304 - JANVIER-FÉVRIER 2023

3 | ACTUALITÉS

- COVARS, unité spéciale
- Virages technologiques pour MiMédi
- UX-Lab, laboratoire de test utilisateur
- MHYTIC, un véhicule hydrogène prometteur pour la petite mobilité
- Horloge atomique miniature en voie de commercialisation
- Transports postaux et ponctualité au XVIII^e siècle
- Tous acteurs de l'avenir de la planète
- Réparer, recycler, réemployer : une longue histoire
- Des Flandres à la Franche-Comté, itinéraire d'un historien passionné

12 | PHÉNOMÈNE [DE SOCIÉTÉ]

Il y a du complot dans l'air...

14 | ANALYSE [EN CONTEXTE]

La Chine, une société politiquement correcte ?

16 | GRAND FORMAT [AVENTURES EXTRÊMES]

Direction : le Grand Nord



MISSION SCIENTIFIQUE

COVARS, UNITÉ SPÉCIALE

Que demande-t-on à un commando, quelle que soit sa nature ? La réactivité, l'efficacité, l'autonomie, la maîtrise.

C'est dans cet esprit qu'a été institué le COVARS¹ : des scientifiques à la légitimité incontestable, reconnus à l'international, des spécialistes de divers horizons capables de travailler ensemble.

L'objectif ? Conseiller le pouvoir politique sur les décisions à prendre concernant des risques sanitaires avérés ou potentiels.

Une équipe d'experts en médecine humaine, médecine vétérinaire, immunologie, biologie, infectiologie, virologie, écologie, accompagnés de membres de la société civile, tous réunis autour du concept *One Health* : une seule santé, au carrefour de l'humain, de l'animal et de l'environnement. Professeur émérite d'écologie à l'université de Franche-Comté, Patrick Giraudoux est l'un des 19 membres du COVARS. Très tôt convaincu de la nécessité de considérer les liens complexes existant entre toutes les espèces et entre les espèces et leur contexte de vie au sens large, il a fait de cette conception intégrée le fer de lance de ses travaux de recherche, argumentant par là même sur l'intérêt du rapprochement des disciplines scientifiques pour traiter une question de santé publique ou environnementale. Une conception partagée avec ses collègues et devenue avec le temps la marque du laboratoire Chrono-environnement.

« Il était difficile d'imposer cette façon de voir il y a trente ans lorsque nous avons commencé à la mettre en pratique en recherche, puis dans les maquettes d'enseignement.

Nous ne pouvons que nous réjouir que la sphère politique s'en empare aujourd'hui. »

VIRUS ET MOUSTIQUES

Dans le collimateur de l'équipe : le Covid et ses variants, bien sûr ; le *Monkeypox*, ou variole du singe ; l'apparition de maladies infectieuses tropicales en France et en Europe, liée à l'intensification des déplacements de population et au réchauffement climatique. Des avis ont déjà été rendus sur les deux premiers sujets, encore peu avant Noël sur le port du masque.

a disparu. Le *Monkeypox* atteignait donc surtout les enfants, infectés par des écureuils avec lesquels ils jouaient. »

Les enfants ont grandi et le virus s'est transmis d'homme à homme ; il a gagné du terrain dans les années 1990, s'est déplacé parce que les voyages se multipliaient, et ce qui était une zoonose est devenu une maladie contagieuse entre les êtres humains. « L'une de nos investigations concerne la possibilité que des réservoirs animaux de *Monkeypox* se recréent en Europe à partir de la maladie humaine, instaurant des conditions favorables de



Photo Alexander Chirantes / Unsplash

À propos de la variole du singe, Patrick Giraudoux rappelle les conditions d'apparition de la maladie : « Différents rongeurs sont en Afrique les hôtes du virus *Monkeypox*, qu'ils ont transmis à l'être humain. Les adultes étaient protégés parce qu'ils bénéficiaient de l'immunité croisée apportée par la vaccination contre la variole, qui n'a plus cours depuis des années puisque cette maladie

¹ Le COVARS, Comité de veille et d'anticipation des risques sanitaires, est l'héritier direct du Comité scientifique mis en place en France au début de la pandémie de Covid. Ses deux ministères de tutelle, Enseignement supérieur et recherche ; Santé et prévention, ont nommé ses 19 membres pour deux ans, un mandat renouvelable une fois. Sous la présidence de l'immunologiste Brigitte Autran, leurs travaux ont démarré en septembre 2022.

Si tous les pays européens ont mis en place un comité scientifique dédié au Covid, la France est le seul à avoir créé une instance pour en prendre le relais et élargir sa mission à d'autres problématiques.

développement pour le virus. »

L'étude des dynamiques de population, l'écologie des paysages et des espèces sont les compétences que Patrick Giraudoux apporte à l'équipe pour participer à cette réflexion.

Des compétences également convoquées pour appréhender la question du développement des maladies à transmission vectorielle sous nos latitudes à la faveur du réchauffement climatique, comme la dengue véhiculée par le moustique tigre. Le comité peut être saisi sur d'autres sujets encore, émanant de ses ministères de tutelle ou du groupe lui-même ; la question des perspectives thérapeutiques des vaccins ARN pour le futur est par exemple d'actualité. « Le COVARS est un lieu où la science parle.

Au-delà de leur activité première, de telles instances de référence pourront peut-être aider à contrer les *fake news* et les théories complotistes... »

Contact :
Laboratoire Chrono-environnement
Université de Franche-Comté / CNRS
Patrick Giraudoux
patrick.giraudoux@univ-fcomte.fr

BILAN DE CLÔTURE

VIRAGES TECHNOLOGIQUES POUR MIMÉDI

L'aventure MiMédi se termine, au terme de cinq années de recherches menées autour de deux domaines d'activité phares du territoire comtois : les biothérapies et les micro-techniques. Les partenaires du projet ont travaillé à l'élaboration de médicaments de thérapie innovante (MTI) pour le traitement du cancer ainsi qu'à la mise au point de solutions pour assurer leur manipulation, l'optimisation de leur production et la réduction de leurs coûts de fabrication.

DES MTI FABRIQUÉS DANS UN PETIT ESPACE CLOS

Le concept majeur du projet est la fabrication de MTI dans un espace clos et de petites

biothérapies plus faciles à mettre en œuvre et d'un prix de revient comparable à celui des chimio- ou radiothérapies.

ÉMERGENCE D'UNE FILIÈRE AUX MULTIPLES SAVOIR-FAIRE

La plus grande réussite de MiMédi est sans doute l'émergence d'une filière réunissant de multiples savoir-faire : au croisement des sciences pour l'ingénieur et de la biologie, du monde académique et de l'industrie, le projet a fédéré des acteurs de spécialités et d'horizons différents, qui ont su s'entendre et mettre en interaction leurs compétences respectives.

« D'un point de vue technique, nous sommes parvenus à deux



dimensions, en lieu et place des salles blanches où ils sont habituellement produits. Ce changement de paradigme devrait à terme rendre ces

grands types de résultats », explique Olivier Lehmann, coordinateur technique du projet : « La sélection d'éléments d'intérêt dans un produit, par

exemple la séparation de cellules du milieu dans lequel elles vivent par le biais d'ondes acoustiques, et le contrôle non intrusif du médicament pendant son cycle de fabrication, au moyen de la spectrométrie. Ces innovations demandent cependant encore des développements avant de pouvoir faire l'objet de transferts vers l'industrie ».

Inscrit au programme européen

de spécialisation intelligente régionale (RIS3), MiMedI a largement été soutenu par la Région Bourgogne - Franche-Comté : il a bénéficié de plus de 11 millions d'euros de fonds européens par le biais du FEDER, sur un budget global de 15 millions d'euros. Il a en outre reçu le soutien financier de la BPI et du CPER (Contrat de plan État-Région).

Un nouveau projet est d'ores et déjà en cours de réflexion afin de relayer MiMedI, et de confirmer sur le long terme les conditions de mise en œuvre de ruptures de technologie pour la médecine du futur.

Contact :
Femto Engineering
Olivier Lehmann
olivier.lehmann@femto-engineering.fr

VERS UNE PRODUCTION AUTOMATISÉE DES CAR T-CELLS

CellQuest développe des solutions automatisées de production des CAR T-Cells, des lymphocytes génétiquement modifiés pour mettre au point des traitements personnalisés contre certains cancers. La *start-up* est née en 2020, bénéficiant de la dynamique impulsée par MiMedI et s'intégrant dans un réseau de compétences concentré de manière incroyablement avantageuse autour de Besançon.

Fondateur et dirigeant de CellQuest après vingt ans chez ILSA, fabricant comtois d'instruments de laboratoire impliqué dans le projet, Guillaume Wallart estime que « MiMedI a donné aux partenaires l'opportunité de travailler en interaction », un mouvement dont il espère qu'il va se poursuivre à long terme : « C'est de cette façon que nous réussirons à remporter, sur le territoire, le défi que représentent les biothérapies pour l'avenir. »

CellQuest ambitionne de se positionner sans délai sur le marché de la fabrication automatisée des CAR T-Cells, un marché encore neuf au

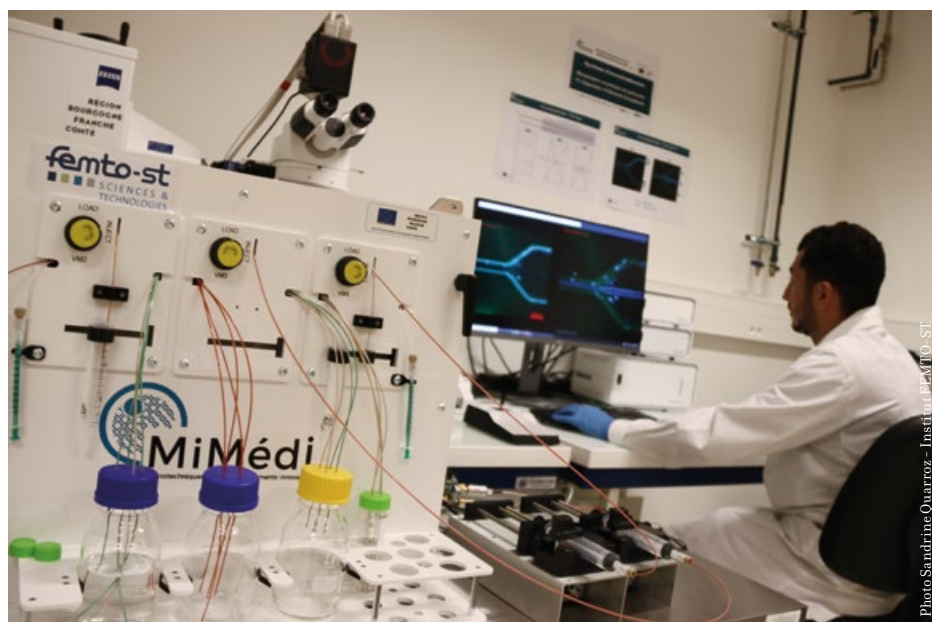


Photo Sandrine Quarroz - Institut FEMTO-ST

service d'un domaine en plein essor. « Les lignes de production actuelles ne sont pas adaptées pour la fabrication industrielle de ces traitements personnalisés. L'équipement que nous proposons signifie une réduction considérable des surfaces et des contraintes de production, et exige moins d'intervention humaine. »

Baptisée CosyNest15, la machine permet de superposer quinze lignes de production dans un volume comparable à celui d'un réfrigérateur ; elle réunit différents *process* innovants,

mis au point et éprouvés par les spécialistes de la *start-up*, et sera pleinement opérationnelle d'ici un an. Elle promet aux fabricants de CAR T-Cells de multiplier par 30 leurs capacités actuelles de fabrication et d'en diviser les coûts par 10, et ainsi de démocratiser les biothérapies fondées sur cette technologie.

Contact :
CellQuest
Guillaume Wallart
Tél. +33 (0)6 72 76 12 63
guillaume.wallart@cellquest.fr
<https://cellquest.fr>

UN MONDE D'EXPÉRIENCES

UX-LAB, LABORATOIRE DE TEST UTILISATEUR

Des caméras aux quatre coins de la pièce, des micros sous la table, une vitre sans tain derrière laquelle des observateurs traquent les faits et gestes d'un personnage placé sous surveillance...

Cette scène n'est pas tirée d'une série B mais d'UX-Lab, une plateforme de recherche dédiée à l'expérience utilisateur et récemment inaugurée à la Haute Ecole de gestion Arc : dans la salle de test, un volontaire est chargé d'essayer un produit sous le regard discret de responsables de la conception postés dans la salle d'observation attenante. Cette installation est au service d'une démarche qui commence à faire son chemin dans les entreprises : la conception de produits centrée utilisateurs, dont le groupe de recherche spécialiste en la matière a fait son nom à la HE-Arc.

MOYENS TECHNIQUES ET ACCOMPAGNEMENT PERSONNALISÉ

La plateforme offre la possibilité aux entreprises, non seulement d'accéder à des moyens techniques dont elles ne disposent en général pas, mais aussi de bénéficier d'un accompagnement personnalisé pour préparer les tests si elles le souhaitent. « Dans tous les cas de figure, il est important de se poser les bonnes questions, de bien identifier les informations

que l'on veut obtenir. Un test utilisateur n'a pas valeur de label, il est partie prenante de la conception produit », souligne Loïc Ray, responsable de l'UX-Lab.

les données et se rendent compte parfois que le modèle mental de l'utilisateur est différent du leur, qu'il n'emploie pas le produit comme ils l'avaient imaginé », raconte



Photo Serge-André Maire - HE-Arc

Emballage d'un produit de grande consommation, manipulation d'un dispositif médical, configuration d'une machine-outil, interface d'une solution numérique..., tous les objets sont susceptibles de se prêter au jeu. Les observateurs ont accès à des informations comportementales et physiologiques enregistrées lors de l'expérience vécue par les utilisateurs grâce à des moyens technologiques de premier plan, comme des capteurs placés dans des lunettes pour suivre le regard (*eye-tracking*) ou dans des bracelets pour mesurer l'activité électrodermale et ainsi renseigner sur les émotions ressenties. Des questionnaires administrés en fin de test complètent les investigations. « Les concepteurs analysent

Julien Roland, responsable du groupe Conception de produits centrée utilisateurs de l'école neuchâteloise.

Les résultats permettent de rectifier le tir et de revoir la conception d'un produit avant sa mise sur le marché, évitant ainsi gaspillages de temps et d'argent. À noter que l'UX-Lab est décliné sous une forme mobile pour réaliser des tests *in situ*, chez l'utilisateur, lorsque la situation l'exige.

Pour en savoir plus : www.he-arc.ch/ingenierie/ux-lab

Contacts :
Conception de produits centrée
utilisateurs
Haute école de gestion Arc
Loïc Ray / Julien Roland
Tél. +41 (0)32 930 25 46 / 26 28
loic.ray@he-arc.ch
julien.roland@he-arc.ch

INNOVATION TECHNOLOGIQUE

MHYTIC, UN VÉHICULE HYDROGÈNE PROMETTEUR POUR LA PETITE MOBILITÉ

On connaissait MobyPost, qui dès la fin de l'année 2014 sillonnait les routes du Pays de Montbéliard pour assurer des tournées postales. MHYTIC est un nouveau véhicule léger à hydrogène mis au point par les chercheurs comtois, en collaboration avec l'entreprise MINCATEC Energy. Ses performances sont améliorées par rapport à son prédécesseur grâce à l'intégration de nouvelles technologies, notamment d'un réservoir hydrogène aux propriétés inédites : l'hydrogène est stocké sous forme solide dans des hydrures métalliques selon une technologie développée par MINCATEC ; le réservoir est intégré avec succès dans la chaîne de traction du véhicule par les chercheurs spécialistes du domaine.

La fiche technique de MobyPost annonçait une possibilité de stockage d'hydrogène de 300 g et un temps de charge de 2 h 30 mn ; avec MHYTIC, les chiffres passent à 1 kg de réserve d'hydrogène, et moins de 10 mn de temps de charge ! Le prototype mis au point répond à des applications telles que la petite mobilité, la livraison de repas en centre-ville, la distribution du courrier ou encore le nettoyage des trottoirs. « L'objectif majeur du projet était de réussir à optimiser les échanges de chaleur entre la pile à combustible et le réservoir », explique Abdesslem Djerdir, enseignant-chercheur en énergie électrique à l'UTBM / Institut FEMTO-ST, et responsable du projet pour sa partie académique. La gestion des échanges thermiques et fluidiques obéit en effet à deux

contraintes : lors de la charge en hydrogène, il est nécessaire d'évacuer la chaleur induite par le processus, faute de quoi il n'est pas possible d'assurer le remplissage du réservoir à 100 % ; cette chaleur peut être récupérée et utilisée pour chauffer la pile à combustible (PAC) au moment du démarrage. Lors de la décharge, l'opération est inverse : de la chaleur doit être envoyée dans le réservoir

qu'ont les métaux de se recycler à l'infini ; enfin, les technologies employées promettent d'en faire une option relativement bon marché.

MHYTIC est le fruit d'un partenariat entre la société MINCATEC Energy (Emmanuel Bouteleux) et les structures de recherche FEMTO-ST (département Énergie, Abdesslem Djerdir ; département MN₂S, Omar El Kedim), ICB



pour que l'hydrogène solide se transforme en gaz et alimente la PAC ; la quantité d'hydrogène délivrée est contrôlée en temps réel par la transmission de la chaleur générée par la PAC à l'intérieur du réservoir. MHYTIC se présente comme une solution sûre, parce que le stockage de l'hydrogène sous forme solide signifie une basse pression, entre 2 et 10 bars ; elle est aussi respectueuse de l'environnement, grâce à la propriété

(Nouredine Fenineche) et FCLAB, développé dans le cadre d'un projet financièrement soutenu par la Région et Bpifrance.

Contact :
Département Énergie / Équipe SHARPAC
Institut FEMTO-ST
UFC / SUPMICROTECH ENSMM / UTBM / CNRS
Abdesslem Djerdir
Tél. +33 (0)3 84 58 36 12
abdesslem.djerdir@utbm.fr

TRANSFERT DE TECHNOLOGIE

HORLOGE ATOMIQUE MINIATURE
EN VOIE DE COMMERCIALISATION

Hier, la révolution quantique faisait naître les transistors et les lasers, eux-mêmes à l'origine de l'apparition des ordinateurs, des téléphones mobiles et d'internet. Aujourd'hui, la manipulation des propriétés quantiques des systèmes et des matériaux promet de nouvelles ruptures de technologie, dont les applications concernent les domaines de la santé, de la sécurité, des transports, de l'énergie, ou encore de l'environnement. Le projet européen MacQsimal, qui s'est clos en juillet 2022 après quatre années de recherche parte-



*Microcellule au rubidium équipant le cœur de l'horloge atomique miniature, posée sur une pièce d'une centime d'euro. La dimension intérieure de la cellule est de 4 mm.
Photo LTF / UniNE*

nariale, s'inscrit pleinement dans ce mouvement ; il a été synonyme de grandes avancées tant au niveau de la recherche fondamentale que du transfert de technologies vers l'industrie. Les travaux des chercheurs du laboratoire Temps-Fréquence (LTF) de l'université de Neuchâtel impliqués dans le projet ont ainsi pris une envergure supplémentaire, en donnant lieu à la commercialisation de nouveaux produits autour de leur spécialité : la miniaturisation des horloges atomiques. Un succès couronnant plus de quinze années de recherche pour l'équipe menée par Gaetano Mileti, directeur adjoint du LTF, et Christoph Affolderbach, collaborateur scientifique au laboratoire, qui bien sûr n'en resteront pas là : « Nous poursuivons nos investigations afin de maintenir le *leadership* neuchâtelois dans un domaine stratégique pour la Suisse ».

Opéré dans le cadre de MacQsimal, le transfert vers l'industrie d'une horloge atomique miniature peu gourmande en énergie illustre

bien cette avance technologique.

« La majorité du développement de cette horloge atomique se fait à Neuchâtel, du cœur de l'horloge à l'électronique de contrôle et à l'assemblage final. »

Embarquées à bord des satellites de géolocalisation GPS ou Galileo, les horloges atomiques permettent la coordination des réseaux de télécommunication, de transport ou d'énergie. Au sol, elles fonctionnent comme des génératrices de secours capables de se substituer, sur le temps court, aux signaux satellitaires potentiellement menacés par une coupure ou une attaque. Portée par la diversité de ses applications et par des enjeux de société majeurs, l'horloge atomique constitue un marché de premier plan, actuellement en pleine expansion.

Contacts :

Laboratoire Temps-Fréquence – LTF

Université de Neuchâtel

Gaetano Mileti / Christoph Affolderbach

Tél. +41 (0)32 718 34 82 / 34 56

gaetano.mileti@unine.ch

christoph.affolderbach@unine.ch

LA POLITESSE DES ROIS

TRANSPORTS POSTAUX ET PONCTUALITÉ
AU XVIII^E SIÈCLE

Être à l'heure est peut-être pour certains une bonne résolution pour la nouvelle année... Ce souci de la ponctualité, si important pour le bon fonctionnement des sociétés modernes, est une notion qui apparaît au XVIII^e siècle, une époque qui voit se développer la mobilité parallèlement à la diffusion des instruments de mesure du temps. La circulation

des biens, des personnes, et surtout de l'information connaît alors un véritable tournant. Catherine Herr-Laporte a étudié l'émergence de la ponctualité dans la thèse en histoire des techniques qu'elle a soutenue à l'université de Neuchâtel l'an dernier, en s'attachant au cas des transports postaux en France. « Gagner en vitesse était déjà une

volonté avant la naissance du chemin de fer. Au XVIII^e siècle, faire circuler l'information le plus rapidement possible répondait à des impératifs économiques, militaires, politiques et administratifs : l'administration se devait de satisfaire au mieux la clientèle, et bénéficiait pour cela de certaines prérogatives. » Les voitures postales étaient ainsi

les seules dont les chevaux avaient le droit d'aller au galop ; les relais leur permettaient de troquer des montures épuisées contre des chevaux frais toutes les heures. En analysant les archives de l'administration postale, la doctorante remarque qu'entre 1765 et 1780, la vitesse d'acheminement du courrier augmente de façon notable, jusqu'à être multipliée par deux sur certains axes. « Pourtant, on ne peut toujours pas aller plus vite qu'un cheval, et même si la mise en place d'une politique routière apporte des améliorations, les routes demeurent en terre battue, constellées de trous, et les accidents sont nombreux. » C'est en réalité grâce à des progrès dans l'organisation, liés à une meilleure coordination temporelle, que les transports postaux gagnent en célérité. Les employés, les postillons et les usagers doivent tous être en même temps au bon endroit : cet impératif devient possible grâce à la diffusion des instruments de mesure du temps, et déjà des montres de poche, qui n'étaient pas seulement l'apanage du luxe comme on pouvait le penser.

Si à la fin du XVII^e siècle, le départ d'une voiture est annoncé pour un jour donné, sans beaucoup plus de précisions, au XVIII^e siècle il commence à être indiqué avec des heures, auxquelles s'ajoutent ensuite les minutes. La ponctualité et son retard, deviennent une préoccupation majeure, avec en toile de fond la morale de l'époque et les enjeux économiques qui font valoir que le temps est précieux et qu'il ne faut pas le gaspiller. Les défaillances techniques ou humaines, les erreurs d'appréciation de la durée d'un trajet, les conditions de la route sont autant de défis pour la conception balbutiante de la ponctualité. « Au XVIII^e siècle, l'accès au temps se généralise grâce à la possibilité de le mesurer mécaniquement. Une nouvelle conscience du temps



Delpech, François Séraphin (1778-1825), d'après Horace Vernet (1789-1863). Malle-poste, lithographie, s. d. (vers 1830), inv.CMV.794. Phot. RMN-Grand Palais (domaine de Compiègne) - Agence Bulloz. © Agence photographique de la Réunion des Musées Nationaux : 01-023982.

apparaît, qui se propage peu à peu à tous les domaines et pose les fondements, toujours actuels, du fonctionnement de la société », conclut Catherine Herr-Laporte.

Contact :
Institut d'histoire
Université de Neuchâtel
Catherine Herr-Laporte
catherine.herr-laporte@unine.ch

LE FUTUR A DÉJÀ COMMENCÉ !

TOUS ACTEURS DE L'AVENIR DE LA PLANÈTE

L'avenir de la planète concerne tout le monde : entrepreneurs, décideurs, scientifiques, élus, citoyens, qui peuvent en être des acteurs. Le colloque « Le futur a déjà commencé ! », organisé en novembre dernier à la Saline royale d'Arc-et-Senans, était entièrement dédié à cette question. Pour faire profiter tout un chacun des éclairages pluriels et passionnants apportés lors de cette journée par des scientifiques de renom, les organisateurs diffusent l'intégralité des conférences dans une vidéo aujourd'hui disponible sur <https://zaaj.univ-fcomte.fr>. Compréhension des phénomènes responsables des bouleversements en cours, bilan de santé du système Terre à l'aune de limites planétaires à ne pas dépasser, solutions porteuses d'espoir inspirées par le fonctionnement du vivant, renouveau des démocraties, marges de manœuvre de la sphère politique..., l'information est riche, complète, accessible, et d'une fiabilité scientifique bienvenue à une époque où la désinformation sur ces sujets devient malheureusement monnaie courante.



Contact :
Laboratoire Chrono-environnement - Université de Franche-Comté / CNRS
Daniel Gilbert - Tél. +33 (0)7 61 46 89 20 - daniel.gilbert@univ-fcomte.fr

PUBLICATION

RÉPARER, RECYCLER, RÉEMPLOYER :
UNE LONGUE HISTOIRE

Avant l'industrialisation en Europe, réemployer les tissus était usuel dans toutes les catégories sociales ; la reine d'Angleterre elle-même faisait transformer ses robes en housses de coussin



Dans la Grèce antique, les armes étaient soigneusement entretenues pour garantir leur valeur d'usage et leur portée symbolique. Avant l'industrialisation en Europe, réemployer les tissus était usuel dans toutes les catégories sociales ; la reine d'Angleterre elle-même faisait transformer ses robes en housses de coussin. Aujourd'hui, en Côte d'Ivoire, le travail des artisans dans les casses aide à la circulation des savoir-faire techniques autour de la réparation automobile. Partout et de tout temps, on s'ingénie à réparer des pièces mécaniques et à les améliorer pour qu'elles fonctionnent mieux, un lien entre réparation et innovation que l'exemple des éoliennes met en évidence dès le XII^e siècle. Dans le domaine maritime, entre le XVII^e et le XIX^e siècles, le passage de la voile au moteur

et du bois au fer implique des adaptations radicales à bord des navires pour savoir prévenir les avaries... L'histoire fourmille de démonstrations de la réparation comme norme dans une foule de domaines et de sociétés, ainsi que l'illustre l'ouvrage *Les réparations dans l'histoire*, codirigé par Gianenrico Bernasconi,

et directeur de recherche en histoire des techniques

à l'université de Neuchâtel. Au fil de plus de 500 pages, le livre réunit les contributions de nombreux chercheurs sur les pratiques et les techniques de réparation, l'évolution des savoir-faire, les lieux investis, de l'atelier à la sphère domestique, les figures du réparateur, de l'amateur au professionnel, selon une perspective comparative s'inscrivant dans le long terme. Il met ainsi en évidence l'existence de liens historiques entre réparation et consommation, des logiques qui ne s'opposent pas toujours malgré la rupture que représentent l'industrialisation et l'avènement de la société de consommation dans les pays dits développés. Il montre aussi les enjeux sociaux et politiques parfois insoupçonnés qui vont de pair avec les pratiques de réparation. *Les réparations dans l'histoire* témoigne de l'intérêt récent des scientifiques pour cette facette de l'histoire des techniques, en même temps qu'émerge dans les sociétés occidentales la volonté de « se réapproprier la durabilité des objets », en réponse au gaspillage, à la perte des savoir-faire et de la proximité avec la technique, qu'incarne notamment le mouvement *maker*.

Bernasconi G., Carnino G., Hilaire-Pérez L., Raveux O. (dir.), *Les réparations dans l'histoire. Cultures techniques et savoir-faire dans la longue durée*. Presses des Mines, collection Histoire, sciences, techniques et sociétés, 2022

PUBLICATION

DES FLANDRES À LA FRANCHE-COMTÉ,
ITINÉRAIRE D'UN HISTORIEN PASSIONNÉ

« S'en retournant des Flandres, il alloit à Besançon » : cette phrase piochée dans un texte daté de 1614, aux archives de Bruxelles est un clin d'œil à la trajectoire de Paul Delsalle, natif du Nord et Bisontin d'adoption. Ses amis et collègues ne se sont pas privés d'en faire le titre du livre qu'ils viennent d'éditer en hommage à l'historien et archiviste, à l'occasion de son départ en retraite. Deux tomes réunissant au fil de plus de 500 pages une cinquantaine d'articles originaux sur les thèmes de prédilection de Paul Delsalle, et qui sont autant de chapitres de l'ouvrage : le pays de Pévèle, la Flandre wallonne et les anciens Pays-Bas ; l'histoire des archives ; la cartographie historique ; la Franche-Comté dans l'Europe médiévale et moderne ; la Franche-Comté et ses liens avec les Pays-Bas. Entre les deux régions qu'il affectionne, le parcours de Paul Delsalle est ponctué d'incursions dans des pays comme la Suisse, la Belgique, le Québec, l'Espagne, la Tunisie ou Djibouti, où le mènent à la fois ses recherches et sa vocation d'enseignant. Les liens restent vivaces avec les historiens, les archéologues, les bibliothécaires, les archivistes, les conservateurs de musées et de bibliothèques rencontrés alors, et qui sont les contributeurs de cet ouvrage aux côtés de ses collègues historiens de l'université de Franche-Comté. Maître de conférences en histoire moderne, membre de l'Académie des sciences, belles-lettres et arts de Besançon et de Franche-Comté, cofondateur du groupe de recherches historiques Franche-Bourgogne, Paul Delsalle est aussi un infatigable conteur, multipliant les occasions de

diffuser la science par les ouvrages qu'il publie ou au cours de conférences qu'il anime avec passion. Ses recherches s'attachent notamment à faire émerger la véritable histoire de la Franche-Comté à la Renaissance, depuis qu'elles ont opposé leur rigueur scientifique à la croyance en une domination,



voire une occupation espagnole de la Franche-Comté à cette époque : pour la petite histoire, sachez que ce sont les travaux de Paul Delsalle qui ont rétabli la vérité sur la grande, en montrant que c'est le jeu des mariages, des héritages et des alliances qui a signé sur le papier l'attachement du Comté de Bourgogne à l'Espagne, qui n'avaient guère en commun que leurs souverains.

Mélanges offerts à Paul Delsalle. « S'en retournant des Flandres, il alloit à Besançon », études rassemblées par Laurence Delobette et Jean-Marie Yante, Presses universitaires de Franche-Comté et Éditions Franche-Bourgogne, 2022

Les recherches de Paul Delsalle ont opposé leur rigueur scientifique à la croyance en une domination, voire une occupation espagnole de la Franche-Comté

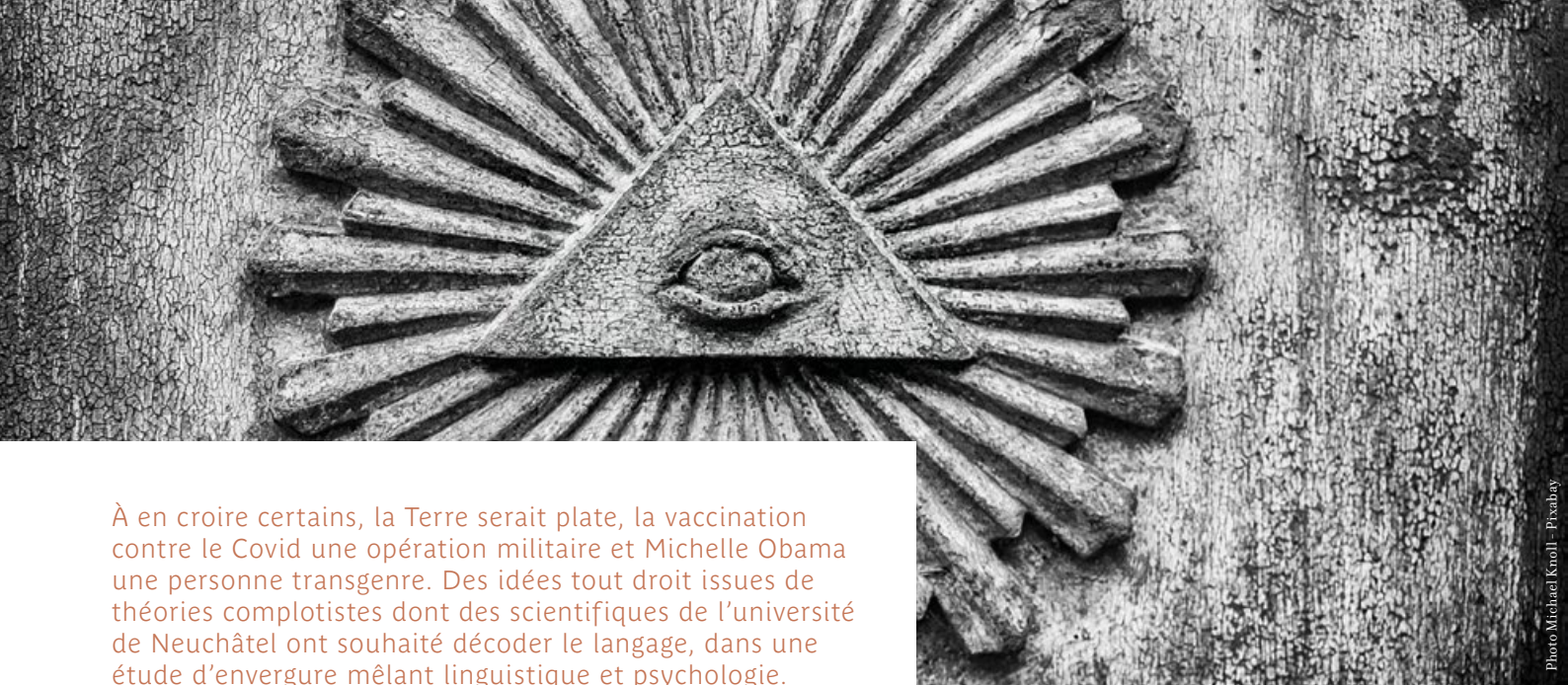


Photo Michael Knoll - Pixabay

À en croire certains, la Terre serait plate, la vaccination contre le Covid une opération militaire et Michelle Obama une personne transgenre. Des idées tout droit issues de théories complotistes dont des scientifiques de l'université de Neuchâtel ont souhaité décoder le langage, dans une étude d'envergure mêlant linguistique et psychologie.

PHÉNOMÈNE [DE SOCIÉTÉ]

IL Y A DU COMLOT DANS L'AIR...

Pas moins de
96 000 articles
issus de sites
internet ont été
recueillis pour les
besoins de l'étude
la plus ambitieuse
jamais réalisée
sur le sujet

En octobre dernier, l'Américain Alex Jones était condamné à verser près d'un milliard de dollars aux proches des victimes de la tuerie de l'école Sandy-Hook dans le Connecticut (2012), pour avoir prétendu que la tragédie n'était qu'une mise en scène orchestrée par des opposants à la détention d'armes à feu aux États-Unis. Ces personnes avaient par la suite été harcelées et menacées par des émules convaincues par les propos d'Alex Jones. Infowars, la plateforme du grand complotiste sur laquelle il va jusqu'à prétendre à la détention d'enfants esclaves par la NASA sur la planète Mars, est visitée par des millions de personnes ; elle est l'une des sources alimentant une étude réalisée par des chercheurs des universités de Neuchâtel et de Warwick (UK), en vue d'établir des comparaisons de langage entre textes classiques et écrits complotistes sur des événements se prêtant à la polémique, comme la pandémie de Covid,

les attentats du 11 septembre ou encore l'assassinat de Kennedy. Pas moins de 96 000 articles issus de sites internet ont ainsi été recueillis pour les besoins de l'étude la plus ambitieuse jamais réalisée sur le sujet, et qui a valu à ses auteurs une publication dans la revue de référence *Science Advances* en octobre dernier.

DES ÉCRITS PEU COHÉRENTS

« Nous avons créé et analysé un corpus composé de 72 000 articles reflétant une vision communément admise et de près de 24 000 articles identifiés comme complotistes, soit un total d'environ 96 000 textes », indique Alessandro Miani, qui en a fait le sujet de sa thèse à l'Institut de psychologie du travail et des organisations (IPTO) à Neuchâtel. Un travail de recueil et d'analyse colossal, réalisé avec l'aide de techniques de linguistique computationnelle.

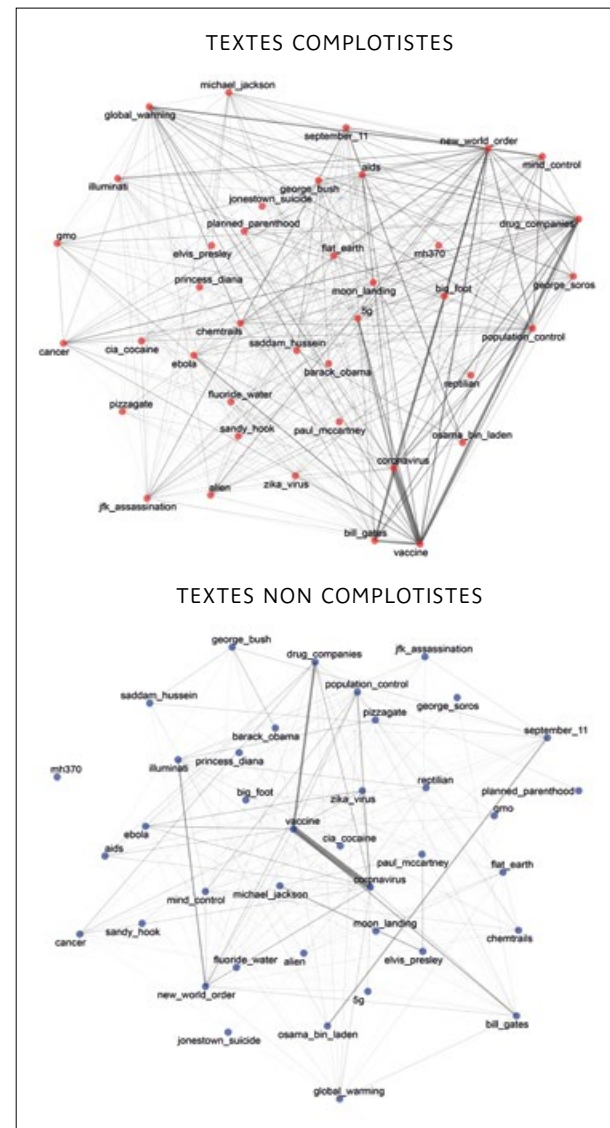
Covid-19, Diana, Bill Gates, vaccin, réchauffement climatique, 5G..., c'est sur la base d'une série de mots clés que le corpus a été constitué. « À l'analyse, on constate que ces mots donnent lieu à beaucoup plus d'interactions dans les textes complotistes, même si les sujets n'ont rien à voir entre eux », explique Adrian Bangerter, professeur de psychologie du travail à l'IPTO. Ainsi la vaccination contre le Covid procéderait d'un vaste complot échafaudé par Bill Gates, qui voudrait dominer le monde grâce à l'installation d'antennes 5G... Résumé aussi rapidement, le propos paraît caricatural, pourtant les textes complotistes établissent bel et bien des liens improbables autour de différents mots ou thèmes. Comment de tels amalgames sont-ils possibles ? C'est là que la psychologie intervient pour interpréter les faits mis en relief par les techniques linguistiques. « La plupart des gens qui lisent ce genre de textes vont trouver qu'ils n'ont pas de sens. La personne qui les écrit, elle, de même que les lecteurs qui ont la même logique, voit des événements liés ensemble. C'est leur vision du monde qui fait trouver aux complotistes de la cohésion à ces textes », explique Adrian Bangerter. Nourris de faux arguments, ces écrits parfois complexes au point de les rendre difficiles à décrypter, font réellement preuve d'une incohésion elle-même révélatrice de l'incohérence de la pensée complotiste. Pour plus de rigueur dans la réflexion, les spécialistes font la distinction entre les termes de cohésion, qui fait référence à un texte, et de cohérence, qui parle des personnes, de leurs idées. Ces deux notions complémentaires procèdent de cheminements clairement identifiés par la psychologie et la linguistique. Ainsi à l'école, les

textes bien construits et cohésifs, utilisant des liaisons telles que *alors, donc, c'est pourquoi...*, facilitent l'apprentissage des élèves et les aident à forger des représentations cohérentes du monde et des événements. Le choix des mots est rarement anodin, surtout lorsqu'il s'agit de convaincre ; la psychologie montre que les textes peuvent aussi révéler l'état d'esprit de celui qui les écrit, à son insu, et pas seulement pour appréhender la cohérence de sa pensée. Des algorithmes savent décortiquer le lexique utilisé et analyser le sens des mots employés pour établir les traits de caractère d'une personne. Selon les spécialistes, il est même possible de trouver dans les mots des symptômes d'un désordre psychique chez leur auteur, voire d'y lire les signes avant-coureurs d'une pathologie comme la démence.

Entre linguistique et psychologie, la méthode et les techniques employées dans l'étude pourraient contribuer à identifier des théories complotistes, voire des *fake news*. Elles représentent une autre façon de les aborder que celle de la croyance, qui est la plus généralisée et qui consiste à demander leur avis aux gens.

« Les théories complotistes sont devenues des phénomènes de société. Elles prennent une ampleur inquiétante depuis dix ans, influencent la politique, minent la confiance dans les procédures démocratiques telles que les élections. S'intéresser à cette question selon des approches scientifiques devient un véritable enjeu », conclut Adrian Bangerter.

Contacts :
Institut de psychologie du travail
et des organisations – IPTO
Université de Neuchâtel
Adrian Bangerter / Alessandro Miani
Tél. +41 (0)32 718 13 18 / 14 91
adrian.bangerter@unine.ch
alessandro.miani@unine.ch



Les interconnexions entre les thèmes, dans les textes complotistes et non complotistes



Photo Sharon Ang - Pixabay

La société chinoise présente un front lisse que les mécontentements, comme ceux exprimés en décembre dernier contre les abus d'un confinement interminable, ne semblent qu'à peine rider. L'histoire récente de la république populaire de Chine et le fonctionnement de son système politique expliquent cet état d'esprit.

ANALYSE [EN CONTEXTE]

LA CHINE, UNE SOCIÉTÉ POLITIQUEMENT CORRECTE ?

« Le confort matériel est la première préoccupation des Chinois, et la stabilité du pouvoir est pour eux la garantie de continuer à bénéficier d'une vie agréable »

Aujourd'hui deuxième puissance économique mondiale derrière les États-Unis, la Chine n'en finit pas d'exercer sa fascination sur le monde. La Chine, qui évoque pêle-mêle le rayonnement d'une civilisation millénaire, les grandes dynasties impériales, un territoire immense abritant près d'un cinquième de l'humanité, la révolution et le communisme, la Grande muraille et la place Tien An Men, prend une revanche éclatante sur son histoire : désormais considérée comme l'usine du monde, la Chine y reprend sa place, celle du milieu...

En Chine, le fonctionnement politique est bien ancré depuis la mise en place de l'État communiste au début des années 1950, un système bien huilé que des grains de sable viennent cependant gripper, comme en décembre dernier lorsque les voix des manifestants, pour la plupart des jeunes, se sont élevées contre la dureté des mesures de confinement prises pour endiguer l'épidémie de COVID-19. Au sommet du système, Xi Jinping,

renouvelé comme secrétaire général du parti communiste lors des élections d'octobre 2022, et qui devrait en toute logique être reconduit à la présidence de la république populaire en mars prochain.

LES BASES D'UNE COOPÉRATION POLITIQUE ET SOCIALE

Enseignant-chercheur en droit public à l'université de Franche-Comté / CRJFC, Xiaowei Sun explique l'organisation du système politique de son pays natal. « C'est une coopération multipartite qui mène la république populaire de Chine. Elle est composée de membres des neuf partis politiques vainqueurs de la guerre civile en 1949, qui ont fait alliance. Ces neuf partis ont un statut constitutionnel, ils existent en tant qu'institutions publiques de l'État. » La coopération s'exerce sous la direction du parti communiste chinois (PCC) ; les autres

partis nomment certains de leurs membres, choisis parmi les plus illustres et les plus influents, pour les représenter à la Conférence de consultation politique, une assemblée permanente qui n'a pas de fonction législative, mais qui donne son avis et exerce une surveillance sur le parti dirigeant. « La Conférence de consultation politique a un rôle très important. Elle est notamment à l'origine de la première constitution de 1949, qui pose les fondements de l'État chinois. » Malgré une relative indépendance, ces partis adhèrent aux idées du PCC, avec lequel les relations sont de l'ordre de la coopération et de la négociation. « Il n'existe pas de texte régissant ces relations. L'opacité règne, mais pour les Chinois ce pouvoir mythique est un gage d'efficacité. » Le parti communiste compte plus de 90 millions de membres, une adhésion synonyme d'ascension sociale et de récompenses matérielles. Certains d'entre eux sont chargés de sonder l'état d'esprit du peuple et de vérifier la confiance des citoyens, par exemple à l'intérieur des entreprises. Ces délégués se chargent de recueillir des informations et de diffuser des directives par le biais de circulaires explicatives ou incitatives. Tout en haut de la hiérarchie, l'élection du secrétaire général du PCC relève d'un processus immuable. Le secrétaire général en place choisit un successeur après des mois voire des années de réflexion, un choix soumis à l'approbation de ses pairs à l'intérieur du parti. Le comité central du PCC, composé d'environ 200 membres, se réunit quelques mois plus tard pour élire ce nouveau secrétaire général à la tête de l'État. L'élection des politiques devient plus démocratique à mesure qu'on descend vers la gouvernance locale. À cette échelle, les citoyens élisent des représentants qui siègent dans une assemblée populaire nationale réunie une fois par an.

Tous les partis peuvent proposer des candidats. Théoriquement, un simple citoyen peut participer à l'élection avec seulement dix signatures de soutien. Ensuite, les représentants locaux élisent les représentants nationaux qui composeront l'organe suprême de la Nation, l'Assemblée populaire nationale. Les membres du PCC occupent environ 70 % des sièges de cette assemblée.

DES CHANGEMENTS À L'ÉCHELLE D'UNE VIE

Xi Jinping a été reconduit à la tête du PCC pour la troisième fois en octobre 2022, et le sera probablement pour un quatrième mandat. « Certains de ses ministres ont été écartés du pouvoir et aucun successeur n'est en vue, observe Xiaowei Sun, qui souligne par ailleurs le renforcement du rôle du PCC au fil des mandats du secrétaire général actuel, dans la gestion des affaires publiques comme pour la société civile. « Les décennies 1990 et 2000 ont été une phase plus libérale du régime chinois. Pour maintenir le mythe du pouvoir et assurer la croissance du pays, il était nécessaire de permettre davantage de libertés individuelles, politiques et économiques, libertés qui sont à nouveau en recul. » Mais la majorité des Chinois tolèrent cette situation, parce qu'ils ont beaucoup gagné en niveau de vie ; sur le plan social, l'amélioration du système de santé, la retour de la sécurité sociale et les progrès de l'enseignement sont des avancées plus que notables. « Le confort matériel est la première préoccupation des Chinois, et la stabilité du pouvoir est pour eux la garantie de continuer à bénéficier d'une vie agréable. » Xiaowei Sun combine ses connaissances personnelles à celles de chercheur pour expliquer cet état d'esprit : « En quarante ans, le niveau de vie a augmenté d'une

façon telle qu'elle frôle la caricature. Les gens pour qui manger un œuf par jour était une aubaine peuvent aujourd'hui s'acheter des bouteilles de vin coûteux ou des sacs Vuitton. » Si une telle richesse ne concerne pas tous les Chinois, l'amélioration du niveau de vie est réelle pour l'ensemble de la population. « Depuis les années 1990, la famine a disparu, et au cours des années 2010, la vie est devenue confortable pour l'ensemble de la classe moyenne. Tout a changé, à l'échelle d'une vie humaine. » En 1976 s'achevait la Révolution culturelle menée par Mao Zedong, après dix années d'horreur. Des dizaines de millions de Chinois en ont été les victimes, les valeurs ancestrales de la civilisation ont été piétinées, le patrimoine culturel systématiquement détruit, les spectacles traditionnels interdits. Séances d'autocritiques publiques, humiliations, dénonciations, délation..., la Révolution culturelle a fait ressortir les aspects les plus noirs du genre humain, en le privant de tous ses principes. Pour Xiaowei Sun, « c'est le mouvement le plus catastrophique que l'humanité ait connu, parce qu'en son nom, on tuait l'âme de l'homme. » Ces dix terribles années ont plongé la société dans le chaos, et les Chinois en sont sortis meurtris et perdus... Le temps finit par passer et l'ouverture au monde marque les décennies suivantes, avec le succès économique que l'on sait. Aujourd'hui, les Chinois qui ont souffert de la révolution veulent de l'ordre et du confort matériel. « Alors pourquoi abandonner le paradis quand on a connu l'enfer ? » Les jeunes générations pourraient, elles, en demander davantage, et ajouter une plus grande liberté aux revendications de leurs aînés...

Contact :
Centre de recherches juridiques
de l'université de Franche-Comté – CRJFC
Xiaowei Sun
xiaowei.sun@univ-fcomte.fr



Spécialistes de palynologie, glaciologie, archéologie, écologie, sismologie..., certains chercheurs de l'université de Franche-Comté comptent parmi les rares scientifiques français à travailler sur les terrains arctiques. Résultats d'aventures de recherches peu communes, menées aux confins d'immensités blanches et de territoires gelés...

GRAND FORMAT [AVENTURES EXTRÊMES]

DIRECTION : LE GRAND NORD

DANS LES PAS DE PAUL-ÉMILE VICTOR

Comme le célèbre explorateur comtois avant eux, c'est avec passion que des chercheurs bisontins arpentent et étudient les territoires situés les plus au nord du globe. Les recherches qu'ils mènent au sein du laboratoire Chrono-environnement et du laboratoire ThéMA posent l'université de Franche-Comté en spécialiste du monde arctique. Depuis une quinzaine d'années, sous l'impulsion d'Hervé Richard, d'Émilie Gauthier et de Vincent Bichet, les chercheurs de Chrono-environnement vont à la rencontre du Groenland et de son passé, des travaux qui se sont étendus depuis à différents terrains géographiques et disciplinaires.

Au laboratoire ThéMA, les géographes Éric Bernard et Florian Tolle poursuivent une aventure engagée voilà plus de 40 ans et successivement par Daniel Joly, Thierry Brossard et Madeleine Griselin : celle de l'étude des glaciers de l'île norvégienne du Spitsberg.



Carte Arctique - Pascal Busto
Institut polaire français Paul-Émile Victor

GROENLAND

HISTOIRES DE POLLENS

Seul territoire au monde reconnu pour avoir été occupé par l'homme de façon épisodique, le Groenland se prête particulièrement bien à l'analyse comparative de l'évolution d'un milieu naturel

Récemment nommée directrice du laboratoire Chrono-environnement, enseignante-chercheuse en palynologie, l'étude des pollens, Émilie Gauthier s'investit depuis quinze ans dans l'organisation des expéditions vers le Groenland. Elle est aujourd'hui la seule palynologue française à investiguer cette région du monde. Membre de l'Institut universitaire de France (IUF), Émilie Gauthier fait également partie de l'IASC, le Comité international pour les sciences arctiques, où elle représente la France au sein du groupe « Écosystèmes terrestres ».

Pour l'équipe de Chrono-environnement spécialiste de l'étude du passé, ayant éprouvé ses méthodes d'investigation dans les lacs du Jura, le Groenland présente un atout majeur : seul territoire au monde reconnu pour avoir été occupé par l'homme de façon épisodique, il se prête particulièrement bien à l'analyse comparative de l'évolution d'un milieu naturel lorsqu'il est soumis ou non à l'impact de l'homme. Depuis 4500 ans, différents groupes paléoeskimos sont venus s'installer sur les rivages du Groenland. L'aventure européenne commence il y a plus d'un millénaire... Emmenés par leur chef Éric le Rouge, les Vikings, encore appelés Norrois, débarquent au Groenland peu avant l'an mil, et s'installent sur la côte sud-ouest du territoire.

Les colons tentent de s'adapter à des conditions pour le moins rudes, élèvent des cheptels dont les premières têtes sont importées d'Islande, et qui sont nourris durant les longs mois d'hiver avec un fourrage produit sur des terres à l'origine maigrement arborées, mais qu'ils ont dû défricher. La façon de vivre des Vikings se lit dans les pollens prélevés dans les carottes de sédiments lacustres où se concentrent des siècles d'histoire.

« On voit que les pollens d'arbres comme le bouleau se raréfient vers l'an 1000, et que ceux des plantes liées à l'existence de pâturages augmentent nettement au cours des XI^e et XII^e siècles. Parallèlement, l'apparition de spores de champignons coprophiles est très nette dans les carottes de sédiments : ce sont bien là des preuves d'un défrichement au profit de prairies de fauche, et de l'installation d'animaux herbivores tels que les moutons, les vaches et les chèvres », indique Émilie Gauthier.

La palynologie et l'analyse des sédiments révèlent par ailleurs que ces pratiques agricoles ont eu une incidence sur l'érosion deux fois plus importante à cette période que l'érosion naturelle.

L'histoire se poursuit, de façon dramatique... Les conditions de vie difficiles sont rendues plus extrêmes encore au début du Petit Âge glaciaire¹, dès la fin du XIII^e siècle. Les Norrois abandonnent l'agriculture pour la chasse au phoque, puis regagnent progressivement l'Islande ou d'autres pays d'Europe au cours du siècle suivant. Si d'autres groupes pré-Inuit sont installés dans le pays, comme les Thulés, il faut attendre le début du XX^e siècle pour que

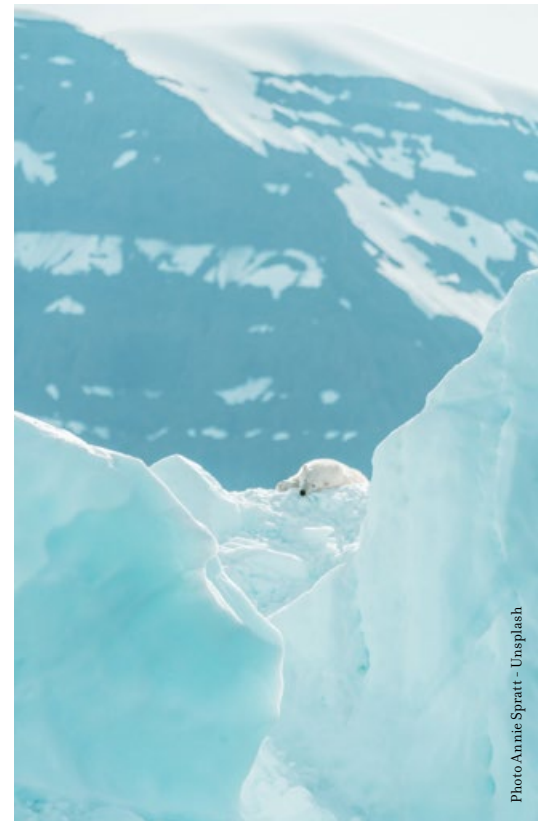


Photo Annie Spratt - Unsplash

¹ Période climatique froide courant du début du XIV^e à la fin du XIX^e siècle, principalement localisée sur l'Atlantique Nord.



Le site du Kap Hoegh offre le triple intérêt de regrouper au même endroit des cabanes de chasse du XX^e siècle, une colonie de 300 000 mergules et un vaste site archéologique composé d'une soixantaine de structures

² Période marquée par un climat inhabituellement chaud du X^e au XIV^e siècle, toujours sur l'Atlantique Nord.

le territoire groenlandais investi par les Norrois soit à nouveau exploité pour l'élevage et l'agriculture. Le changement se lit dans les sédiments de manière comparable à celui du XII^e siècle, mais de manière plus prononcée encore : les pollens des bouleaux, des saules et des genévriers disparaissent au profit de ceux de plantes des prés ; les spores de champignons coprophiles se multiplient ; l'érosion augmente sous le coup d'une mécanisation intensive, atteignant plus de 23 mm pour un siècle, soit 5 fois plus que l'érosion naturelle.

« L'intensification des pratiques agricoles dans les années 1980 signifie le recours à d'énormes quantités d'engrais azotés pour forcer la production de fourrage ; en même temps, les effluents des bergeries se déversent dans les lacs : l'impact est localisé, mais il est aussi sans précédent sur les écosystèmes et l'environnement. » Ces conclusions sont issues d'investigations menées au fil de 15 ans de recherches au Groenland, par le biais de différents projets nationaux ou internationaux. Dans le cadre du projet ANR InterArctic, qui s'achèvera en juin 2023, l'étude des Norrois se prolonge avec les travaux de thèse d'Elia Roulé, qui s'est aussi intéressée aux autres établissements norrois, celui qui est un peu plus au nord, vers la capitale Nuuk, ainsi que celui qui se trouve à Terre-Neuve, au Canada. Le travail des archéologues et paléoenvironnementalistes croise celui d'autres disciplines, comme l'anthropologie : de jeunes lycéens ont été impliqués afin de donner leur vision

de la cause environnementale et de leurs souhaits pour leur pays. Les sites archéologiques de leurs ancêtres de la culture de Thulé ont aussi été étudiés sur la côte nord-est du Groenland.

Le site du Kap Hoegh offre le triple intérêt de regrouper au même endroit des cabanes de chasse du XX^e siècle, une colonie de 300 000 mergules et un vaste site archéologique composé d'une soixantaine de structures. « Les habitats d'hiver, semi-enterrés, étaient couverts de blocs de tourbe qu'une couche de neige rendait imperméable. » L'été, des tentes de base circulaire, en peaux de rennes ou de phoques, étaient maintenues par des pierres.

« Ce site archéologique a été prospecté à l'aide d'un drone afin de disposer d'une carte très précise des différentes structures, il reste maintenant à les dater plus précisément. »

À proximité du site nichent des mergules, de petits oiseaux marins très abondants en Arctique et qui viennent se reproduire au Groenland l'été. Si les ornithologues les étudient depuis 20 ans, depuis combien de temps viennent-ils se reproduire là ? Et étaient-ils une ressource motivant les hommes à s'installer précisément à cet endroit ? L'analyse sédimentaire nourrit ici les connaissances des ornithologues. « Les mergules créent un écosystème végétal particulier, enrichi par leur guano. Certaines plantes n'existent d'ailleurs que sur la colonie et sont identifiables grâce à leurs pollens contenus dans les séquences sédimentaires. » Les datations radiocarbone de ces sédiments indiquent que les oiseaux arrivent dès le début de l'optimum climatique médiéval² il y a un peu plus de 1 000 ans. On va regarder s'ils étaient également présents après, au cours du Petit Âge glaciaire. »

Afin d'affiner les résultats, les chercheurs vérifient leur présence sur le dernier millénaire grâce à l'ADN ainsi qu'à l'analyse de métaux lourds liés à leur alimentation, et de certains isotopes permettant de quantifier plus précisément l'abondance de guano.

Ces résultats seront à même de déterminer l'impact des variations du climat sur les mergules, et la façon dont ces oiseaux sont impactés par la pollution.

ALASKA

UN SITE ARCHÉOLOGIQUE DE PREMIER PLAN, MENACÉ PAR L'ÉROSION DES CÔTES

³ Les Yupiit sont localisés au sud-ouest de l'Alaska et en Sibérie, les Inuit vivent plus au Nord. *Yupiit* est le pluriel de *Yup'ik*.

La bordure
du site
archéologique
de Nunalleq
est détruite par
mètres entiers
à chaque assaut
de la mer de
Béring

2007, côte sud-ouest de l'Alaska. Warren Jones, directeur de l'entreprise locale Qanirtuuq Inc., découvre sur une plage des vestiges du vieux village de Nunalleq, charriés là par les eaux. Il contacte un archéologue, Rick Knecht, pour lui demander de réaliser des fouilles de sauvetage là où vécurent ses ancêtres yupiit³, avant que le site ne soit définitivement dégradé. C'est qu'en raison du réchauffement climatique, l'érosion agresse la côte de manière brutale et inéluctable. Les tempêtes produisent de terribles vagues, génèrent des vents et des courants d'une force à même de provoquer cette érosion. La bordure du site est détruite par mètres entiers à chaque assaut de la mer de Béring.

Les fouilles débutent en 2009, après que Warren Jones a convaincu le Conseil des aînés décisionnaire sur ce territoire. Les équipes d'archéologues sauvent dans l'urgence tous les objets qu'ils exhument de la boue et du sol gelé, à plusieurs dizaines de centimètres de profondeur, lors de campagnes d'été organisées par l'université d'Aberdeen, où Rick Knecht est en exercice. L'archéologue Claire Houmard, aujourd'hui enseignante-chercheuse à l'université de Franche-Comté / Chrono-environnement, a aussi travaillé sur le passé des sociétés arctiques. Elle partage le souhait de son collègue Rick de relancer les fouilles, que l'université écossaise a mises en pause depuis 2018 pour se consacrer au traitement des dizaines de milliers de pièces déjà collectées. Elle obtient des financements, en France, du ministère de l'Europe et des Affaires étrangères, et aux États-Unis de la villa Albertine, où elle vient d'être accueillie en résidence pour quatre ans. Claire Houmard est aujourd'hui responsable de la mission française Yup'ik 2022-2025, menée sous l'égide du ministère en partenariat avec l'université d'Aberdeen, le centre culturel et archéologique de Nunalleq, et Qanirtuuq Inc. La chercheuse rappelle le contexte : « Entre 2009 et 2018, les campagnes de fouilles ont permis de mettre au jour pas moins de 100 000 objets, dont plusieurs centaines de pièces sont dignes de figurer dans des musées ».

Le temps presse et l'argent manque pour poursuivre la tâche et sauver les trésors de Nunalleq, un site exceptionnel par sa richesse et la rareté de ses découvertes, et que le *National Geographic*, dans son édition de novembre 2021, estime être l'une des 100 grandes découvertes qui éclairent l'histoire du monde. Les objets en bois, en os, en cuir, en poterie, en vannerie ont parfaitement été conservés dans le sol gelé depuis la destruction du village au XVII^e siècle, lors d'une attaque d'un groupe voisin. Des figurines, des masques, des parures, des outils, des ustensiles de cuisine témoignent de la vie des Yupiit au Petit Âge glaciaire et de leur capacité à supporter l'hostilité des éléments. « Mon domaine de spécialité concerne certains matériaux, notamment l'os, le bois de cervidé et l'ivoire, dans lesquels de nombreux objets sont fabriqués », précise Claire Houmard. Les figurines, retrouvées par centaines, ainsi que d'autres artefacts encore, représentent souvent des êtres humains ou des animaux, dont les identités parfois se confondent. Un manche d'outil sculpté laisse ainsi entrevoir une silhouette de phoque, mais sous un angle différent, évoquera plutôt une baleine : c'est là un symbole subtil de la conception traditionnelle du monde selon les Yupiit, pour lesquels tout est en perpétuelle transformation. Philosophie de vie, patrimoine, capacités de résilience de la population face aux éléments et aux changements climatiques...



Crédit photo Nunalleq Museum



⁴ International Research Project. L'IRP sur les forêts froides est un projet de recherche collaborative conclu en 2021 et pour cinq ans sous l'égide du CNRS, en partenariat avec l'université du Québec en Abitibi-Témiscamingue (UQAT), l'université de Montpellier et l'université de Franche-Comté.

Témoins de
l'alternance
de périodes
de réchauffement
et de refroidissement
du climat,
ces microrestes
sont précieux
pour comprendre
les mécanismes
à l'œuvre au cours
de cette évolution

les fouilles sont un moyen inédit d'établir un lien entre le passé et le présent ; elles donnent aussi la possibilité à la population de s'approprier son histoire : les objets, de retour d'Aberdeen après traitement, font l'objet d'une exposition dans une école transformée en musée à Quinhagak, là où les descendants yupiit de Nunalleq sont installés ; les habitants sont volontaires pour aider à remuer le sol ou à donner des interprétations sur les découvertes, grâce aux connaissances tirées d'une longue tradition orale chez les Yupiit. « Au-delà de l'intérêt archéologique du site lui-même, c'est dans ces liens que réside toute la beauté du projet », souligne Claire Houmard.

QUÉBEC

FORÊTS FROIDES : ÉVOLUTION DE LA VÉGÉTATION...

Par le terme « forêts froides », les spécialistes entendent aussi bien les forêts situées sous de hautes latitudes, en Sibérie, Amérique du Nord, Scandinavie..., que les forêts d'altitude : toutes sont caractérisées par d'importantes périodes de neige et de courts intervalles de végétation. L'IRP⁴ sur les forêts froides s'intéresse aux impacts du changement climatique et des activités humaines sur les forêts boréales et de haute montagne, et de manière plus globale sur le fonctionnement des écosystèmes au Québec. En retraçant les processus écologiques à l'œuvre depuis un passé parfois lointain, le projet veut répondre aux questionnements et aux enjeux que posent aujourd'hui de tels bouleversements sur ces milieux. Les chercheurs du laboratoire Chrono-environnement impliqués dans l'IRP travaillent dans deux directions : la végétation et les écosystèmes lacustres.

Chercheur CNRS en paléoécologie, Damien Rius développe des méthodes pour caractériser les régimes de perturbation qui ont affecté la végétation au cours des siècles. « Liés à des épisodes de réchauffement climatique, les régimes de perturbation concernent essentiellement les feux et les attaques des insectes défoliateurs sur l'évolution des forêts. »

Grâce à l'analyse des sédiments lacustres, les microcharbons et les chironomes fossilisés – ces insectes de la famille des diptères, comme les moustiques –, livrent l'histoire de la végétation sur les 10 000 ans passés. Témoins de l'alternance de périodes de réchauffement et de refroidissement du climat, et des perturbations qui les ont accompagnées, ces microrestes sont précieux pour comprendre les mécanismes à l'œuvre au cours de cette évolution. « Les chironomes englobent une grande variété d'espèces, ayant des préférences différentes en termes de températures. Réussir à les identifier, c'est aider à reconstituer les conditions climatiques ayant prévalu au cours des derniers millénaires. » Parmi les méthodes et techniques employées, l'analyse de l'ADN des restes des chironomes enfouis dans les sédiments est un procédé particulièrement adapté pour déterminer la survenue des épidémies d'insectes défoliateurs au cours du temps, en lien avec les variations du climat, et pour mettre en évidence leurs interactions avec les régimes de feux.

L'étude sur le long terme aide à mettre en contexte la situation actuelle. Les recherches déjà menées dans le cadre de l'IRP concernent l'est du Québec, jusqu'à présent moins étudié que l'ouest du pays, et plus précisément depuis le fleuve Saint-Laurent jusqu'au Labrador. Les régions situées à l'est du pays sont les plus arrosées par la pluie, et donc plus à l'abri des feux ; elles sont pour cette raison constituées de forêts plus anciennes, aujourd'hui menacées par un réchauffement climatique faisant craindre plus d'épisodes de sécheresse et la survenue de feux destructeurs dans cette zone. L'analyse de l'évolution de la végétation selon un gradient ouest / est, semble particulièrement judicieux pour, *in fine*, élaborer des stratégies de gestion et de conservation des forêts boréales.

... ET DES ÉCOSYSTÈMES LACUSTRES

« En raison du réchauffement climatique, le brassage de l'eau a lieu plus tardivement, et le retard d'oxygénation qui en résulte pourrait induire des dysfonctionnements notables sur les lacs »

⁵ Un réseau trophique désigne un ensemble de chaînes alimentaires reliées entre elles au sein d'un écosystème et par lesquelles l'énergie et la biomasse circulent.

Au Québec, l'importance de la forêt boréale le dispute à celle des zones aquatiques, qui couvrent 30 % de sa superficie. Les perturbations subies par les forêts, qu'elles soient liées aux changements climatiques, aux épidémies d'insectes, aux feux ou encore à leur gestion par l'homme, sont susceptibles d'avoir des conséquences sur le fonctionnement des milieux lacustres. Des milieux parties prenantes des écosystèmes froids, et à ce titre également étudiés par les chercheurs de l'IRP, dont l'une des forces est de réunir des spécialistes des milieux terrestres et des milieux aquatiques. Pour ces derniers, l'un des objectifs prioritaires est de déterminer si les perturbations modifient les quantités et l'origine de la matière organique présente dans la zone benthique des lacs, qui correspond à la couche de sédiments déposés au fond. Qu'elle soit directement produite dans le lac ou apportée par son bassin versant, cette matière organique, lorsqu'elle est dégradée, peut priver d'oxygène une partie des eaux profondes du lac. Dans ces conditions d'anoxie, la dégradation de la matière organique est à l'origine de la production de méthane, qui, lorsqu'il est libéré dans l'atmosphère, est un puissant gaz à effet de serre. « La perturbation du cycle du carbone est l'un des enjeux liés à un éventuel dysfonctionnement des lacs », explique Hélène Masclaux, enseignante-chercheuse à l'université de Franche-Comté / Chrono-environnement, spécialiste du fonctionnement trophique⁵ des lacs, qu'elle étudie par ailleurs dans le massif du Jura. « Nous cherchons à connaître l'importance de la production de méthane au fond des lacs, à savoir si ce méthane diffuse jusqu'à l'atmosphère ou est piégé dans les eaux, consommé par les bactéries puis intégré au réseau trophique ».

Hélène Masclaux et ses collègues, Laurent Millet et Valérie Verneaux, combinent les informations délivrées par différents indices pour caractériser l'évolution des lacs de cette partie du Québec sur les cent cinquante dernières années. Les analyses d'eau renseignent sur leurs conditions physico-chimiques, comme la température ou l'oxygène, les carottages dans les sédiments apportent des indications sur leur fonctionnement passé. Au-dessus de la zone benthique et jusqu'à la surface de l'eau, la zone pélagique est, entre autres, habitée par du zooplancton, essentiellement des petits crustacés qui, en apportant de la nourriture aux poissons, constituent la base des réseaux trophiques. L'été, la zone pélagique est divisée en trois couches superposées, qui se mélangent à l'automne : ce brassage assure la

bonne oxygénation des eaux du lac. « En raison du réchauffement climatique, la température de l'eau reste élevée plus longtemps, et la stratification se maintient dans la durée. Le brassage de l'eau a lieu plus tardivement, et le retard d'oxygénation qui en résulte pourrait induire des dysfonctionnements notables. » Ce phénomène, encore à vérifier, pourrait s'ajouter à celui de l'augmentation de la production de phytoplancton pour provoquer des perturbations du fonctionnement des lacs. Le manque d'oxygène est dans les deux cas un risque majeur, potentiellement à l'origine d'une perturbation du cycle du carbone et d'une baisse de la biodiversité. Multipliant les allers et retours entre le passé et le présent, l'IRP sur les forêts froides révélera des éléments de connaissance au fil d'investigations de terrain prévues sur cinq ans.



Photo Adrien Vin - Unsplash

SVALBARD

MESURES SISMIQUES POUR PERGÉLISOL SENSIBLE AUX VARIATIONS DE TEMPÉRATURE

« On a montré pour la première fois que la surveillance sismique long-terme permettait de détecter le réchauffement du pergélisol »

Couvrant un cinquième des surfaces émergées du globe, le pergélisol, ou *permafrost*, est un sol gelé en permanence. Dans la zone arctique, il s'étend sur 90 % du Groenland, 80 % de l'Alaska, 50 % du Canada et de la Russie. D'une épaisseur pouvant atteindre plusieurs centaines de mètres, le pergélisol subit des variations dans sa couche supérieure, en fonction des saisons. Sa partie très superficielle, dite couche active, s'étirant depuis la surface du sol jusqu'à 2 m de profondeur environ, fond complètement en été. La partie située sous la couche active est un objet d'attention particulier pour les scientifiques : si la dizaine de mètres qui la compose se maintient en principe sous la barre de 0°C, elle est cependant sujette aux variations de température saisonnières, et donc aux valeurs plus fortes générées par le réchauffement climatique. Si cette glace venait à fondre de manière notable, le processus pourrait provoquer la libération du méthane et du CO₂ emprisonnés dans les glaces depuis des milliers d'années, faisant craindre aux spécialistes que ces gaz à effet de serre renforcent la problématique du changement climatique. Pour surveiller cette évolution, des mesures de température sont effectuées en continu comme dans l'archipel du Svalbard, où Julie Albaric a travaillé avec une équipe du laboratoire norvégien NORSAR pour mettre en place des réseaux d'observation sismique du pergélisol. Enseignante-chercheuse en géophysique à l'université de Franche-Comté / Chrono-environnement, Julie Albaric a pour spécialité la sismologie, et applique les méthodes de sa discipline à la surveillance de l'environnement. Des expériences concluantes en hydrogéologie ont par exemple aidé à comprendre le fonctionnement des aquifères karstiques sur le territoire comtois. Celles menées au Svalbard sur deux années le sont tout autant.

« L'un des objectifs du projet était d'estimer la variation de la vitesse des ondes sismiques dans le pergélisol au cours du temps. On a pu constater que dans sa partie supérieure, entre 2 et 4 m de profondeur, les variations de vitesse des signaux sismiques correspondent parfaitement aux variations saisonnières des températures en profondeur, du fait des changements de la saturation en glace du milieu. »

Les stations sismologiques sont placées dans le sol, à proximité d'un forage dans lequel sont installés les capteurs de température. « On a montré pour la première fois que la surveillance sismique long-terme permettait de détecter le réchauffement du pergélisol. Les mesures effectuées sur deux années complètes indiquent en effet une décroissance linéaire de la vitesse relative des ondes sismiques simultanée à l'augmentation de température du pergélisol. Cette tendance montre clairement la diminution de la teneur en glace dans la zone étudiée au cours de la période. Des analyses complémentaires, notamment en laboratoire, permettraient de quantifier le volume de glace fondu. »

L'expérience arctique de Julie Albaric se poursuit avec les membres de NORSAR, dont l'observatoire au Svalbard assure le *monitoring* du pergélisol de façon pérenne. Le recours aux instruments sismiques vient en complément de ceux plus classiquement utilisés pour la mesure des températures ; l'installation des stations est simple, non invasive, et peu coûteuse : autant d'atouts qui pourraient promouvoir le développement des méthodes sismologiques pour la surveillance du pergélisol, et plus généralement de l'environnement.



Le site du réseau permanent SPITS, Svalbard.
Photo NORSAR

RÉCHAUFFEMENT CLIMATIQUE : LE SPITSBERG AUX PREMIÈRES LOGES

+3°C, c'est l'augmentation moyenne de la température au Spitsberg depuis la Révolution industrielle. Un tel chiffre s'explique par la combinaison des circulations atmosphérique et océanique, qui produit cette amplification arctique multipliant par 2 ou 3 les effets du changement climatique.

Pour comparaison, le réchauffement est mesuré à +1,2°C pour la planète, et à +1,7°C en France, où, pour ne citer qu'un exemple, la Mer de Glace a perdu jusqu'à 9 m d'épaisseur durant le seul été 2022... Sur l'île du Spitsberg, dans l'archipel du Svalbard, c'est le glacier Austre Lovén que les géographes glaciologues du la-

boratoire ThéMA, Éric Bernard et Florian Tolle, ainsi que leur collègue Jean-Michel Friedt, physicien spécialiste en instrumentation à l'Institut FEMTO-ST, surveillent de près.

Depuis 2006, les missions entreprises deux fois par an et les mesures effectuées en continu donnent une idée plus précise de la réponse glaciaire aux sollicitations climatiques. Les chercheurs ne peuvent que déplorer que l'Austre Lovén se dégrade, un constat qui empire ces dernières années. « En 2020, le glacier a perdu dans l'année 2,5 % de son volume et 1,90 m d'épaisseur en moyenne, jusqu'à 3 m au front. Ce nouveau record de perte a à nouveau été approché en 2022. Ce qui semblait exceptionnel il y a quelques années encore est en train de devenir la norme. » Ne pouvant que constater un processus aussi spectaculaire qu'inexorable, les chercheurs étudient également comment les zones périglaciaires s'adaptent à ces bouleversements.

« Les précipitations annuelles, sous forme de pluie ou de neige, ont par exemple doublé, passant de 400 mm à 800 mm. La pluie en toutes saisons modifie la mise en place du manteau neigeux, ce qui en change le fonctionnement et impacte l'hydrologie globale du système. » Charriés par des flux d'eau lors d'événements de fonte survenant de façon brutale, les transferts de sédiments dans l'océan augmentent de façon significative : les 2/3 s'accumulent dans les fjords, modifiant la composition de la colonne d'eau et le trait de côte à chaque crue. Le sol des zones nouvellement déglacées subit également les événements météorologiques et la recolonisation végétale s'en trouve profondément affectée. Disparition de la glace, éboulements sur les versants, déplacement des sédiments, altérations du pergélisol..., les changements de morphologie et les dynamiques complexes du site sont observés et mesurés à l'aide des technologies les plus pointues, telles que des balises à glace automatiques connectées, des drones, des radars, des lidars..., complétant les données satellitaires. « Certains processus sont contre-intuitifs, comme le fait que la superficie du glacier ne baisse pas de manière aussi importante que son volume ; ces deux paramètres ne sont pas corrélés autant qu'on pourrait le penser. Ce n'est qu'en travaillant sur le terrain qu'il est possible d'établir de tels constats. »

Pour reprendre les mots d'Éric Bernard et de Florian Tolle, « ce glacier au Spitsberg ne représente qu'un pixel à l'échelle de l'Arctique, mais on le connaît très bien, et cela nous aide à comprendre les mécanismes à l'œuvre dans l'évolution des glaciers polaires, qui sont de véritables sentinelles du climat ». Des connaissances utiles à l'élaboration de projections pour anticiper les changements à venir sur l'ensemble de la planète.

Glacier Austre Lovén : le transfert massif des sédiments dans le fjord - Photo Éric Bernard



Contacts :

Laboratoire Chrono-environnement

Université de Franche-Comté / CNRS

Émilie Gauthier

Tél. +33 (0)3 81 66 66 69

emilie.gauthier@univ-fcomte.fr

Claire Houmard

Tél. +33 (0)3 81 66 66 66

claire.houmard2@univ-fcomte.fr

Damien Rius

Tél. +33 (0)3 81 66 62 17

damien.rius@univ-fcomte.fr

Hélène Masclaux

Tél. +33 (0)3 81 66 63 66

helene.masclaux@univ-fcomte.fr

Julie Albaric

Tél. +33 (0)3 81 66 63 69

julie.albaric@univ-fcomte.fr

Laboratoire ThéMA

Université de Franche-Comté / Université

de Bourgogne / CNRS

Éric Bernard / Florian Tolle

Tél. +33 (0)3 81 66 53 48 / 59 54

eric.bernard@univ-fcomte.fr

florian.tolle@univ-fcomte.fr



EN DIRECT

LE JOURNAL DE LA RECHERCHE ET DU TRANSFERT DE L'ARC JURASSIEN

Direction recherche et valorisation | Université de Franche-Comté
Tél. +33 (0)3 81 66 20 06 / 20 88 | Journal-EnDirect@univ-fcomte.fr
endirect.univ-fcomte.fr

Directrice de la publication : Macha Woronoff | Rédaction, composition :
Catherine Tondou | Diffusion, site web : Laura Rieffolo | Conception graphique :
Gwladys Darlot | Impression : L'imprimeur Simon, Ornans / Imprim'vert.

en direct est édité par : Université de Franche-Comté^{1/2}

1, rue Claude Goudimel | 25030 Besançon cedex
Présidente : Macha Woronoff | Tél. +33 (0)3 81 66 50 03

en association avec : Université de technologie de Belfort-Montbéliard^{1/2}
90010 Belfort cedex | Directeur : Ghislain Montavon | Tél. +33 (0)3 84 58 30 00

SUPMICROTECH ENSMM^{1/2}

Chemin de l'Épitaphe | 25030 Besançon cedex
Directeur : Pascal Vairac | Tél. +33 (0)3 81 40 27 00

Université de Neuchâtel¹ | Avenue du 1^{er} mars 26 | CH - 2000 Neuchâtel
Recteur : Kilian Stoffel | Tél. +41 (0)32 718 10 20

Haute Ecole Arc¹ | Espace de l'Europe 11 | CH - 2000 Neuchâtel
Directrice : Brigitte Bachelard | Tél. +41 (0)32 930 11 11

Établissement français du sang Bourgogne - Franche-Comté

1, boulevard A. Fleming | 25020 Besançon cedex
Directeur : Christophe Bésiers | Tél. +33 (0)3 81 61 56 15

¹ Établissement membre de la Communauté du savoir, réseau de collaboration de l'Arc jurassien franco-suisse. ² Membre fondateur de la communauté d'établissements UBFC

Avec le soutien de la région Bourgogne - Franche-Comté. ISSN : 0987-254 X.
Dépôt légal : à parution. Commission paritaire de presse : 2262 ADEP.
6 numéros par an. Pour s'abonner gratuitement, formulaire en ligne sur
endirect.univ-fcomte.fr