

en-direct

TRAIT D'UNION ENTRE RECHERCHE ET SOCIÉTÉ

NUMÉRO 322

JANVIER - FÉVRIER 2026

Magazine scientifique collaboratif
Édité dans l'Arc jurassien

GRAND FORMAT [SUJETS D'ÉTONNEMENT]

Matériaux fantastiques

LA PREUVE PAR L'EXPÉRIENCE

Des microrobots articulés...
par des gouttes d'eau

TRAVAIL SOCIAL

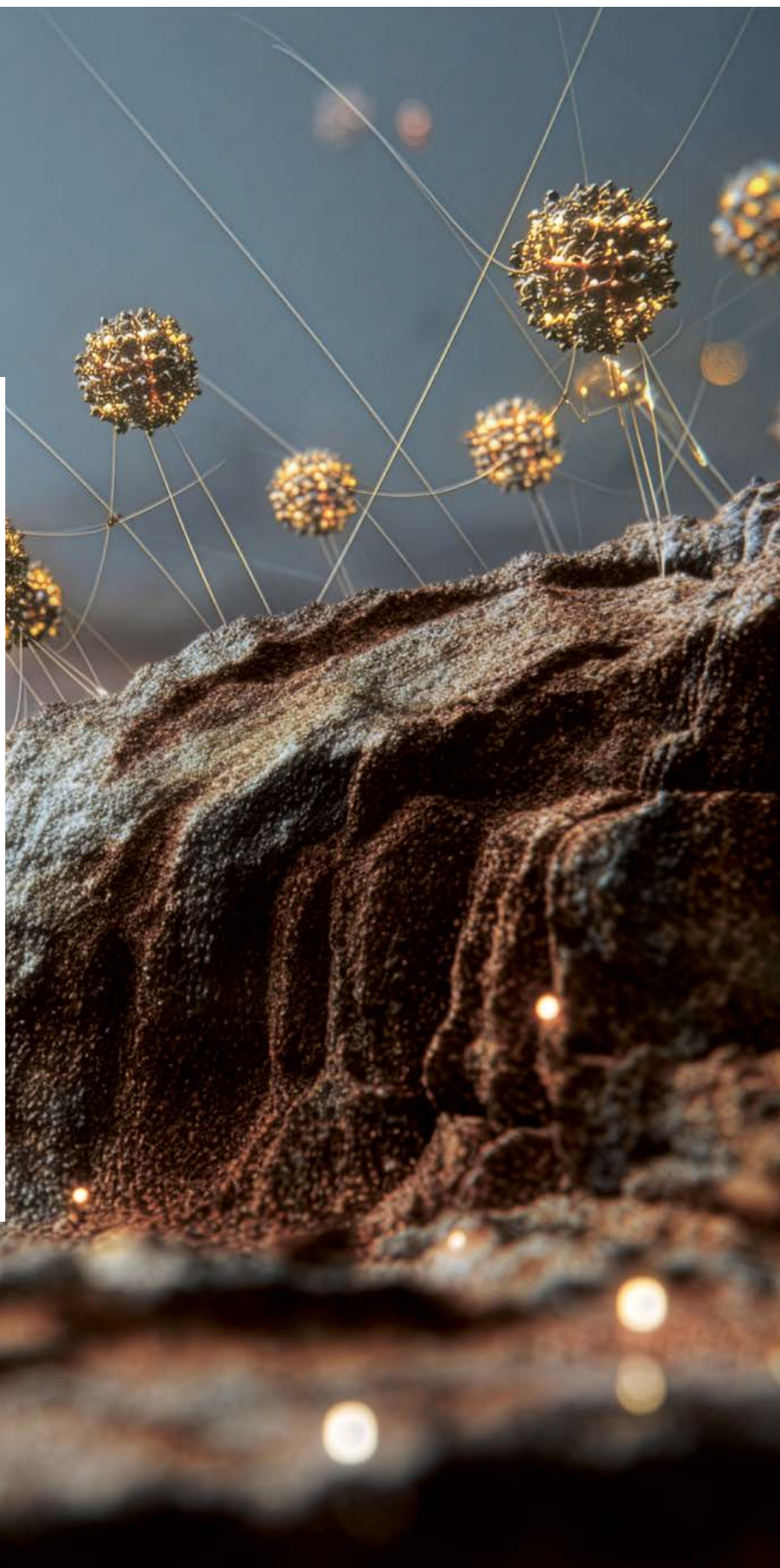
Parcours migratoires marqués
par la guerre et le deuil

SAUVEGARDE DU PATRIMOINE

Les patois du Jura,
en mots et en sons

LITTÉRATURE [DU RÉEL]

La mémoire ouvrière du Pays
de Montbéliard reparaît





L'équipe d'*en direct*
vous souhaite
une très belle année 2026!

en-direct

NUMÉRO 322 JANVIER - FÉVRIER 2026

Un trait d'union franco-suisse,
entre établissements d'enseignement
supérieur et centres de recherche,
en lien avec l'entreprise et la société.

3 | ACTUALITÉS

- La micro-usine s'engage dans la lutte contre le cancer
- Des microrobots articulés... par des gouttes d'eau
- Investiguer la greffe rénale de manière globale
- Intolérance au gluten et pratique sportive
- Parcours migratoires marqués par la guerre et le deuil
- Revendications dans un village breton : il était une fois une Vierge dans un chêne
- Les patois du Jura, en mots et en sons

10 | LITTÉRATURE [DU RÉEL]

La mémoire ouvrière du Pays de Montbéliard reparaît

13 | PUBLICATIONS

- Aventure collective
- Aux frontières du réel

14 | ARCHÉO [MÉTALLURGIE]

Transformer le minerai de fer en métal,
une activité régionale historique

16 | GRAND FORMAT

[SUJETS D'ÉTONNEMENT]

Matériaux fantastiques

MEDTECH

LA MICRO-USINE S'ENGAGE DANS LA LUTTE CONTRE LE CANCER

Chaque personne est particulière, chaque cancer aussi. C'est partant de ce constat que se développe la médecine personnalisée dans le cadre de la lutte contre le cancer. Pour servir cette démarche, les scientifiques misent aujourd'hui sur la 3D. Leurs nouveaux modèles de laboratoire sont des organoïdes, des répliques miniatures de tissus créées à partir de cellules souches capables de se différencier en de nombreux types cellulaires, ou de cellules provenant d'un organe. C'est ainsi que, en reproduisant à petite échelle son anatomie, ses caractéristiques et sa complexité cellulaire, un organoïde se substitue à une tumeur pour faire l'objet de tests, qui mettront en évidence la solution thérapeutique la plus efficace pour combattre le cancer. La mise au point des organoïdes tumoraux représente des défis technologiques que les chercheurs de la HE-Arc Ingénierie entendent relever en s'inspirant du concept de micro-usine autonome, qui depuis six ans poursuit son développement au

MicroLean Lab de l'école. Dévolue aux procédés de fabrication microtechniques, la micro-usine originale est orientée plus particulièrement vers l'horlogerie. Une autre micro-usine a ensuite investigué le domaine de la biotechnologie avec le projet DNAMIC de stockage de données sur ADN. La dernière version, nommée ORION¹, entre aujourd'hui dans le monde de la MedTech pour répondre aux besoins de l'oncologie de précision. Le principe de la micro-usine repose sur la mise en œuvre de systèmes automatisés, que des dispositifs technologiques et les moyens de l'intelligence artificielle dotent de la capacité de se corriger et d'évoluer par eux-mêmes, au cours d'un procédé de fabrication. Les différentes briques technologiques de la micro-usine ORION seront à même d'assurer le processus de création d'organoïdes tumoraux de A à Z. ORION permettra de cerner la tumeur dans toute son hétérogénéité à partir d'un

prélèvement réalisé sur un patient, puis d'en extraire les cellules qui serviront à la fabrication de sa réplique, enfin de tester différents médicaments sur cette microtumeur, copie miniature et conforme de l'originale.

« La micro-usine rendra le processus de fabrication des organoïdes plus rapide et plus fiable, tout en permettant de tester de nombreuses thérapies, afin de faire progresser l'oncologie personnalisée », résume Jérôme Charmet, spécialiste en ingénierie biomédicale à la HE-Arc et chef du projet ORION.

¹ Le projet ORION est financé par Innosuisse, l'Agence suisse pour l'encouragement de l'innovation. Débuté en novembre 2025, il est doté d'un budget de près de treize millions de francs suisses sur quatre ans, et fait intervenir vingt-quatre partenaires publics et privés.

Contact :
Groupe de compétences Dispositifs médicaux
Haute Ecole Arc Ingénierie
Jérôme Charmet
Tél. +41 (0)32 930 26 29
jerome.charmet@he-arc.ch

LA PREUVE PAR L'EXPÉRIENCE

DES MICROROBOTS ARTICULÉS... PAR DES GOUTTES D'EAU

Les lois de la physique règnent de manière particulière sur le monde du très petit. C'est le cas de la tension de surface, qui se crée à l'interface entre deux milieux et qui permet, par capillarité, à une perle de rosée de se former sur un brin d'herbe ou à certains insectes de marcher sur l'eau. Cette force devient dominante à l'échelle du micromètre ou du millimètre. Dans les recherches

expérimentales en micro-robotique qu'il mène à l'Institut FEMTO-ST, Antoine Barbot utilise les propriétés de la tension de surface pour articuler des robots à peine visibles à l'œil nu. Ces robots minuscules sont placés sur des supports posés en équilibre sur des gouttes de glycérine, à la manière des pattes d'insectes sur l'eau. Sous l'effet d'un champ électrique généré par des élec-

trodes disposées sous le substrat en verre qui supporte l'ensemble, l'une des gouttes s'aplatit ; cette déformation provoque un déséquilibre de la plateforme, entraînant le mouvement du robot. « L'ensemble du dispositif occupe une surface carrée ne dépassant pas deux millimètres de côté. Les expériences que nous avons réalisées, en montrant qu'il est possible d'obtenir un encom-

brement aussi faible, laissent envisager la possibilité d'aligner des centaines de microrobots en parallèle dans un même système », explique Antoine Barbot. Une configuration intéressante notamment pour le domaine biomédical et la manipulation cellulaire, que l'action conjuguée d'un très grand nombre de microrobots permettrait d'automatiser à grande vitesse.

Le dispositif mis au point est susceptible de se décliner à différents milieux et interfaces, utilisant des bulles d'eau dans l'air, ou à l'inverse, des bulles d'air dans l'eau, pour servir d'actionneurs. Il peut également être piloté par une autre énergie que celle d'un champ électrique, par exemple par pression. Autant de possibilités explorées par Antoine Barbot et par les doctorants dont il supervise les travaux au département AS2M – Automatique et systèmes micro-mécatroniques – de l'Institut FEMTO-ST. La tension de surface est un



phénomène physicochimique bien connu des théoriciens, mis en évidence par les travaux de Laplace à la fin du XIX^e siècle. Ses applications concernent aujourd'hui essentiellement la chimie, notamment le domaine du traitement de surface. « La microfabrication et les microsystèmes n'ont que peu exploré le potentiel que représente cette force à petite

échelle : la théorie scientifique demande encore à être traduite pour les besoins de l'ingénierie dans ce secteur d'activité », souligne Antoine Barbot.

Contact :
Institut FEMTO-ST - Dpt AS2M
UMLP / SUPMICROTECH / UTBM / CNRS
Antoine Barbot
Tél. +33 (0)3 81 40 29 25
antoine.barbot@femto-st.fr

PISTES BIOLOGIQUES

INVESTIGUER LA GREFFE RÉNALE DE MANIÈRE GLOBALE

Le recours à l'immunosuppression a permis de juguler les phénomènes de rejet lors d'une greffe de rein : les traitements administrés en amont puis au moment de l'intervention mettent en effet l'activité du système immunitaire en sommeil, augmentant ainsi la tolérance du greffon. Mais le rejet du greffon peut survenir des mois, voire des années après la greffe. Dans le cadre des recherches menées pour en comprendre les raisons et prévenir ce risque, un projet de grande envergure, couronné par une publication scientifique dans la revue de référence *Kidney International* en 2025, s'est clos sur

des résultats aussi originaux et prometteurs que la méthodologie mise en œuvre pour les produire. Chercheur en immunologie au laboratoire RIGHT à Besançon, Baptiste Lamarthée est l'un des pilotes de cette étude sans précédent : « Dans le cadre d'une analyse multifactorielle lancée par Claire Tinel, aujourd'hui professeure de néphrologie au CHU de Dijon, nous avons mis en évidence des profils moléculaires caractéristiques du rejet de greffe. Ces résultats pourraient, à terme, permettre l'identification de biomarqueurs non invasifs sanguins ou urinaires du rejet de greffe. » L'étude MOFA (*Multi-Omic Factor*

Analysis) a ainsi compilé toutes les données biologiques issues d'une cohorte de patients ayant bénéficié d'une greffe de rein. Soit cent trente et un volontaires et des milliers d'informations provenant d'échantillons de sang, d'urine et de biopsies de greffons, ces dernières permettant de déterminer de manière fiable si un patient présentait ou non un rejet. « C'est la première fois que sont réunies des données biologiques aussi volumineuses et de natures aussi diverses, collectées de façon concomitante chez un même groupe de patients », explique Baptiste Lamarthée. Le recueil de ces informations s'est appuyé,

de façon novatrice, sur plusieurs disciplines de la biologie, selon une approche multi-omique (voir encart). Leur traitement a exigé une grande puissance de calcul numérique, aidée des compétences d'Alexis Varin, le bio-informaticien de l'équipe. Les données biologiques traitées par les algorithmes ont ensuite été couplées aux données cliniques des patients.

Cette analyse combinée a permis de dégager trois profils multi-omiques distinguant les patients et présentant un intérêt pour le diagnostic clinique.

Le premier profil met en évidence les différences entre deux types de rejet : l'un induit par des lymphocytes T, ces globules blancs spécialisés dans la défense de l'organisme, et l'autre par des anticorps, chargés de détecter et de neutraliser les agents pathogènes.

Le deuxième est associé à l'infiltration, dans le greffon, de macrophages qui, présents dans le système immunitaire, sont capables d'ingérer des particules étrangères à l'organisme. Le troisième témoigne de l'impact, des années après l'intervention, du traitement immunosuppresseur utilisé au moment de la greffe.

La mise en évidence de ces trois

LA RÉVOLUTION DES « OMIQUES »

Génomique, protéomique, métabolomique, métagénomique, transcriptomique, les disciplines *omiques* permettent d'analyser les processus moléculaires à l'œuvre dans un tissu. En combinant des couches d'informations complémentaires, elles offrent une vue d'ensemble des gènes constituant l'ADN, des ARN messagers et microARN, des protéines et des métabolites, ainsi que des molécules régulatrices comme les cytokines. Contrairement à une lecture ciblée, ces approches fournissent un aperçu global et non supervisé¹ du fonctionnement biologique, donnant la possibilité d'identifier chez un patient, de manière non invasive, des biomarqueurs associés à une maladie. Cette vision intégrative constitue un outil précieux pour le diagnostic et, par extension, pour la prévention des phénomènes de rejet du greffon.

¹ Façon d'analyser des données sans indiquer à l'ordinateur à l'avance ce qu'il doit chercher : au lieu de lui désigner des catégories prédéfinies, on le laisse explorer librement les données et découvrir lui-même des groupes.

profils est en soi une avancée majeure pour la caractérisation des phénomènes impliqués dans le rejet de greffe. Elle est aussi un point d'entrée pour des recherches en biologie de nouvelle génération, qui se concrétisent d'ores et déjà par trois thèses débutant à Besançon et à Dijon sous la direction de Baptiste Lamarthée et de Claire Tinel, dans la continuité de l'étude MOFA.



Contact :
Laboratoire RIGHT
UMLP / EFS / INSERM
Baptiste Lamarthée
Tél. +33 (0)3 81 61 56 15
baptiste.lamarthee@inserm.fr

SOLUTIONS PHARMACEUTIQUES

INTOLÉRANCE AU GLUTEN ET PRATIQUE SPORTIVE

Accompagner des patients atteints de maladies chroniques est l'une des raisons qui a motivé Aurélie Royet à exercer en officine, son diplôme de docteure en pharmacie s'ajoutant en poche. C'est cette même volonté qui l'a conduite à s'intéresser, dans sa thèse d'exercice¹, aux sportifs souffrant d'intolérance au gluten. « L'objectif était de mesurer l'impact de la maladie sur leur pratique, d'identifier

leurs besoins spécifiques et de mettre en rapport les réponses qu'il est possible de leur apporter en pharmacie. » Abordant la problématique de manière inédite par le biais d'une revue de la littérature et d'une enquête de terrain, cette thèse menée sous la direction de Sylvie Bobillier-Chaumont à l'UMLP / laboratoire RIGHT, soutenue en juin 2025, clôture le parcours universitaire

d'Aurélien Royet. Un travail récompensé en décembre dernier par un très beau prix de thèse, décerné à son autrice par l'Académie nationale de pharmacie. L'intolérance au gluten, ou maladie coeliaque, n'est pas à confondre avec une allergie ou une hypersensibilité. C'est une maladie auto-immune, responsable de la disparition des villosités de l'intestin grêle,

qui normalement augmentent la surface d'absorption des nutriments dans l'organisme. L'intolérance au gluten, qui concerne 1 % de la population européenne, est révélée par la présence d'anticorps dans le sang et par une biopsie intestinale. Supprimer totalement le gluten de l'alimentation est la seule solution pour contrer la maladie.



Les difficultés et les enjeux d'une restriction aussi radicale sont d'autant plus importants chez les sportifs, pour qui l'apport en glucides lents est d'ordinaire particulièrement recommandé.

« Le gluten est surtout présent dans le blé, le seigle, l'orge et l'épeautre. Les céréales de substitution, comme le maïs, n'apportent pas les mêmes nutriments ni les mêmes fibres, et les compositions des produits transformés, comme les barres sans gluten, amènent peu de bienfaits, voire sont parfois contreproductives », explique Aurélie Royet. L'enquête menée par la jeune chercheuse auprès de sportifs de diverses disciplines montre que 47 % d'entre eux présentent des carences en vitamines et / ou en minéraux. Aurélie Royet met en avant l'importance de l'accompagnement du pharmacien dans un tel contexte. « Échanger avec un patient venu en officine, par exemple pour chercher un complexe vitaminique, peut l'aider à éviter les erreurs diététiques, à suppléer ses carences avec les bons

substituts ou compléments nutritionnels. » Le pharmacien peut aussi orienter vers des associations de patients telles que l'AFDIAG, ou des professionnels de santé, en premier lieu les médecins, médecins nutritionnistes et médecins diététiciens, avec lesquels il partage de façon complémentaire un rôle de soin et de conseil. Sylvie Bobillier-Chaumont rappelle l'intérêt de s'adresser à ces praticiens, alors que les idées reçues sont monnaie courante, et entretenues notamment sur les réseaux sociaux par de pseudo-spécialistes : « Tout régime restrictif peut être dangereux et entraîner des carences parfois sévères. Le gluten, le lactose, ces thèmes sont dans l'air du temps, mais un régime doit être justifié et faire l'objet de consultations auprès de professionnels de santé ».

¹ *Maladie cœliaque et pratique sportive : besoins spécifiques et accompagnement pharmaceutique - Enquête auprès de sportifs atteints de la maladie cœliaque.*

Contact :
Laboratoire RIGHT
UMLP / EFS BFC / INSERM
Sylvie Bobillier-Chaumont
Tél. +33 (0)3 81 66 55 55
sylvie.bobillier-chaumont@umlp.fr

TRAVAIL SOCIAL

PARCOURS MIGRATOIRES MARQUÉS PAR LA GUERRE ET LE DEUIL

La guerre du Kosovo, qui s'est déroulée entre 1998 et 1999, a officiellement causé la mort ou la disparition de 13 500 personnes, et le déplacement de centaines de milliers d'autres (Source AFP, *Challenges* 9/11/2020). En Suisse, une importante communauté kosovare, émigrée avant 1998, a vécu la guerre à distance et de la même façon la perte de proches restés au pays. Dans une

thèse qu'elle prépare à l'Institut transdisciplinaire de travail social (ITTS) de l'université de Neuchâtel, Albulenë Ukshini Sefa questionne l'importance que peut avoir la perte d'un être cher à distance pour les migrants transnationaux, et l'impact de cette perte sur leur parcours d'intégration. « Peu de données sont disponibles sur le sujet. Or cette connaissance est néces-

saire pour pouvoir accompagner les migrants dans leur démarche d'intégration », explique la jeune chercheuse, elle-même d'origine kosovare. Avec un recul d'un quart de siècle, il s'agit de comprendre comment ces personnes ont vécu la situation de manière individuelle et collective, d'identifier les ressources qu'elles ont mobilisées, de voir comment elles ont composé avec les rituels

de leur pays d'accueil pour rendre hommage aux disparus et faire vivre leur souvenir. Grâce aux entretiens qualitatifs qu'elle a menés auprès d'eux, Albulenë Ukshini Sefa a mis en évidence que les migrants kosovars ont davantage pris appui sur le cercle familial et les associations communautaires que sur les institutions.

« La problématique du deuil dans les parcours migratoires marqué par la guerre n'est pas forcément connue des institutions, qui ne prennent donc pas pleinement conscience de son impact ni n'en tiennent compte. »

En opérant un retour dans le passé, la jeune chercheuse évoque les périodes de condoléances pendant lesquelles les membres de la communauté partagent leur douleur et resserrent les liens, remarque la charge familiale qui pèse sur les jeunes, qui doivent aider leurs parents tout en cherchant à s'intégrer. Elle pointe aussi une contradiction, entre la volonté des parents de protéger leurs enfants de la tragédie et le contexte de guerre régnant à la maison, en raison notamment d'un besoin constant de suivre toutes les

informations sur la situation du pays, avec la télévision souvent allumée sur les actualités.

« La deuxième génération s'est aussi trouvée prise entre le contexte familial, où elle a vécu la guerre par correspondance, et l'école, où l'on n'en parlait pas. » Le besoin des jeunes de reconstruire la constellation familiale se voit dans des objets ou des traces, comme l'inclusion de proches disparus dans les photos de famille, hier grâce à la contribution d'artistes, aujourd'hui encore par le biais de la technologie. « Dans le travail d'accompagnement qu'elles accomplissent, les institutions sociales peuvent enrichir leur action en prenant

en compte la portée du deuil en contexte de guerre pour les familles, ainsi que leur besoin de reconnaissance et de justice envers leurs proches disparus. Elles gagnent également à considérer les générations suivantes, même si les enfants sont nés en Suisse et n'ont pas connu les défunts, car le deuil se transmet de manière transgénérationnelle, notamment à travers un quotidien marqué par la douleur. »

Albulenë Ukshini Sefa poursuit actuellement les entretiens auprès des membres de la communauté kosovare. Elle présentera sa thèse en 2027 à l'université de Neuchâtel, sous la supervision conjointe de Barbara Waldis, anthropologue et codirectrice de l'ITTS, et de Marc-Antoine Berthod, anthropologue et responsable du laboratoire LaReSS à la Haute école de travail social et de la santé Lausanne (HETSL).



*Quand les morts accompagnent les vivants dans des parcours migratoires marqués par la guerre.
Création originale par Albulenë Ukshini Sefa*

RECONNAISSANCE DE HAUT NIVEAU POUR LE TRAVAIL SOCIAL

L'Institut transdisciplinaire en travail social (ITTS), créé en février 2022 au sein de la faculté des sciences économiques de l'Université de Neuchâtel, est unique en Suisse. Il propose de façon inédite aux titulaires d'un master en travail social HES de poursuivre leur formation par un doctorat, que les professeurs des Hautes écoles spécialisées (HES) codirigent. Il collabore avec des disciplines telles que la sociologie, la psychologie, l'économie, le droit ou encore l'informatique, selon une démarche annoncée transdisciplinaire, « comme au fond le travail social et les problèmes sociaux le sont aussi », ainsi que le relève Barbara Waldis, codirectrice de l'institut. L'ITTS constitue ainsi pour le travail social un centre de compétences universitaire dédié à la formation et à la recherche.

Contacts :
Institut transdisciplinaire de travail social
ITTS
Université de Neuchâtel
Albulenë Ukshini Sefa / Barbara Waldis
Tél. +41 (0)32 718 19 59
albulene.ukshini@unine.ch
barbara.waldis@unine.ch

MICRO-HISTOIRE

REVENDEICATIONS DANS UN VILLAGE BRETON : IL ÉTAIT UNE FOIS UNE VIERGE DANS UN CHÊNE

C'est de retour de la messe, un beau jour de septembre, qu'une jeune femme remarque une statuette de la Vierge posée sur la branche d'un grand chêne. La nouvelle fait rapidement le tour de la paroisse, trouble les habitants, et l'événement, qualifié de miracle, donne lieu à pèlerinages sur les lieux de la découverte dès les semaines suivantes. L'histoire n'est ni une légende, ni un conte, elle se passe en 1736 à Dolo, diocèse de Saint-Brieuc en Bretagne. Attestée et bien documentée par les archives, la découverte est le point de départ d'une recherche menée par l'historien Nicolas Balzamo à l'université de Neuchâtel, qui en a étudié les ressorts religieux et politiques. Car l'histoire ne s'arrête pas là. La statuette est très vite l'objet des convoitises du curé de la paroisse voisine, qui la veut dans son église et va jusqu'à engager des voleurs pour la dérober. De retour dans son chêne, la Vierge est cette fois tiraillée entre le curé de Dolo, qui lui aussi entend l'installer dans son église, et ses paroissiens, qui estiment qu'elle doit rester là où Dieu a choisi de la faire apparaître. Au-delà des querelles qu'elle provoqua et qu'on peut imaginer hautes en couleurs, la statuette est porteuse d'histoire avec un grand H. « La pratique était courante, depuis la fin du Moyen Âge, de rendre visible l'empreinte de la religion sur les paysages, précise Nicolas Balzamo. Mais Dolo est un exemple particulier parce que la découverte a généré des conflits que les archives ont consignés, et riches d'enseignements sur l'époque ». La revendication des paroissiens, qui finiront par avoir gain de cause, ne tient pas uniquement de l'imaginaire religieux. Elle est aussi d'ordre pratique et

géographique : la présence de cette statuette, qu'ils jugent leur appartenir, pourrait être prétexte à la construction d'une chapelle et à l'embauche d'un prêtre. « Le chemin jusqu'à l'église paroissiale est très long pour ces villageois. Avoir un lieu de culte, sur place, leur apparaît comme un juste retour du paiement de la dime », explique Nicolas Balzamo.

Le curé de Dolo, quant à lui, nourrit d'autres ambitions financières, espérant faire bénéficier sa propre église de l'argent rapporté par les pèlerinages. Il faudra attendre plus de cinquante ans pour voir le débat tranché et le projet de construction de la chapelle finalement approuvé... et aussi vite abandonné : en 1788, les préoccupations et les priorités deviennent tout autres. « Suite à la convocation des États généraux par Louis XVI, les habitants de Dolo demandent une réforme du mode de désignation des délégués et une meilleure représentation des paysans. Le combat autour du pèlerinage s'est révélé être un apprentissage politique, la communauté villageoise a appris à faire valoir ses droits. » La chapelle a fini par être construite, dans les années 1870. La statuette est toujours dans son chêne, à l'abri d'une cavité creusée dans le tronc, même si ce n'est probablement pas celle d'origine. On ne saura sans doute jamais qui l'a placée là en 1736. Ce qui est sûr, c'est que ce culte modeste est toujours vivant, grâce à une messe célébrée dans la chapelle, tous les ans en septembre.



Madonna della Quercia, anonyme, 1619, Libro dei miracoli, Rome, Fondazione Marco Besso.

De cette histoire, Nicolas Balzamo retient aussi la notion de « religion villageoise » : « Les paysans bretons avaient besoin d'avoir une forme de religion particulière, bien à eux. Ils développaient des pratiques propres, une sorte de micro-christianisme lié à leur identité, en marge et en complément de la religion officielle ». La démarche du chercheur s'apparente, elle, à la micro-histoire, menée à l'échelle des individus pour comprendre l'histoire autrement que par l'étude des grands phénomènes. Micro-christianisme et micro-histoire, la même volonté de prendre en compte les individualités résonne à travers le temps.

Contact :
Institut d'histoire
Université de Neuchâtel
Nicolas Balzamo
Tél. +41 (0)32 718 17 81
nicolas.balzamo@unine.ch

Historien de l'époque moderne, Nicolas Balzamo est spécialiste d'histoire religieuse et notamment des différentes formes du surnaturel. Il donnera en mars prochain, à Neuchâtel, une conférence sur les rapports entre religion et sexualité, dans le cadre du 11^e festival « Histoire et cité », organisé sur le thème Comme par magie. Peut-on rendre impuissant par des moyens magiques ? Présente dès l'Antiquité, cette hypothèse, qui génère une véritable panique collective au XVI^e siècle avec les noueurs d'aiguillettes dont parlait l'historien, trouve encore un écho de nos jours avec les pratiques des marabouts.

SAUVEGARDE DU PATRIMOINE

LES PATOIS DU JURA, EN MOTS ET EN SONS

Les patois ne sont pas des dégradations du français mais des langues à part entière, héritées comme lui du latin. Celui qui a longtemps prévalu dans le Jura suisse appartient au domaine franc-comtois. Un qualificatif bien plus original qu'il n'y paraît, puisque le reste de la Suisse romande était jadis dominée par le francoprovençal. Le franc-comtois est lui une langue d'oïl, à l'instar des parlers de la moitié nord de la France. Le patois du Jura suisse est donc une exception en Suisse romande, et l'actuelle frontière cantonale marquait une vraie limite linguistique.

Aujourd'hui, à Buix, à Chevenez ou à Lajoux dans le Jura suisse, à Levoncourt ou à Courtavon du côté français, certaines personnes connaissent encore le franc-comtois. Des locuteurs qu'ont rencontrés Médéric de Pury, Olivia Gerber et Félix Légeret, tous trois étudiants en master Patrimoine régional et humanités numériques à l'Université de Neuchâtel. Leur mission ? Conserver les traces de ce parler en voie de disparition, sous la forme d'un *Atlas sonore des patois du Jura*, aujourd'hui accessible en ligne, et complété au fil du temps. L'équipe du projet, guidée par Mathieu Avanzi, directeur du Centre de dialectologie de l'UniNE, marche dans les pas de l'abbé Jolidon, qui lui aussi s'était passionné pour la sauvegarde des parlers régionaux. Ce jeune ecclésiastique avait en effet réalisé un travail formidable de recensement et de description des patois du Jura, couronné par une thèse soutenue en 1950. Parallèlement à ses propres travaux, l'équipe entend valoriser ceux de l'abbé, qu'elle juge injustement tombés dans l'oubli. « Robert Jolidon a repris et adapté au contexte du Jura un questionnaire datant du

tout début du siècle, qui avait servi à élaborer les *Tableaux phonétiques des patois de la Suisse romande*. Aujourd'hui, les trois études historiques permettent de suivre l'évolution des patois du Jura, notamment phonétiques, de 1900 jusqu'à nos jours », explique Médéric de Pury.

PARTICULARITÉS LINGUISTIQUES

Les jeunes chercheurs ont en effet, eux aussi, pris appui sur ce document séculaire pour mener l'enquête. Le sondage compte quelque cent-trente questions, permettant d'identifier les mots et les prononciations en usage. Car s'il existe bien un continuum linguistique sur le territoire, les mots peuvent prendre des formes différentes selon la région, voire entre villages voisins, trahissant rapidement l'origine du locuteur. Par exemple, la façon de dire « eux/elles » dessine les principales régions du canton : *yo* en Ajoie, *you* dans les côtes du Doubs, *lu* dans les Franches-Montagnes et *loue* dans la Vallée de Delémont.

Les patois disparaissent complètement des cantons de Neuchâtel et de Genève dans les années 1930. À la fin du XIX^e siècle, bien que leur déclin s'amorce alors dans toute la Suisse romande, le franc-comtois reste la langue exclusive de certains habitants du Jura. S'il n'est plus aujourd'hui employé que par quelques personnes très âgées, près de soixante patoisants ont pu livrer leurs témoignages aux jeunes chercheurs. Les locuteurs ne sont plus pratiquants pour la plu-

part, mais ils ont gardé le souvenir du patois de leur enfance, celui de leurs parents, grands-parents, cercle d'amis ou voisinage, qui l'utilisaient au quotidien.

« Les gens que nous avons rencontrés nous ont encouragés dans notre démarche. Ils étaient ravis d'évoquer le passé, et nous ont permis d'accéder à une vie que nous ne pouvons pas connaître », raconte Médéric de Pury.

L'*Atlas sonore* rend disponibles les enregistrements originaux des patoisants, la transcription des phrases de franc-comtois en phonétique et en français, et livre de nombreux éléments de contexte, pour un ensemble riche et vivant. Accessible gratuitement, il intéressera les défenseurs des parlers régionaux comme les simples curieux, ainsi que les chercheurs en sciences humaines.

Rendez-vous avec le passé sur <https://aspaju.unine.ch>.

Contact :
Institut des sciences du langage
Université de Neuchâtel
Médéric de Pury
aspaju.projet@unine.ch



Maison à Bollement, lieu-dit de la commune de St-Brais, canton du Jura. Toile réalisée en 1989 par Pierre Farine de Montfaucon, des années après la destruction du lieu.



Quarante ans après sa première publication, *Mémoires de l'Enclave* fait l'objet d'une édition critique dirigée par des chercheurs du laboratoire ELLIADD de l'UMLP. L'ouvrage de Jean-Paul Goux, ainsi enrichi d'analyses, de commentaires et de photographies, fait revivre la condition ouvrière et le passé industriel du Pays de Montbéliard.

LITTÉRATURE [DU RÉEL]

LA MÉMOIRE OUVRIÈRE DU PAYS DE MONTBÉLIARD REPARAÎT

L'édition critique
est complétée
de notes qui
explicitent
les situations,
les personnes,
les lieux
rencontrés au fil
des pages dans
l'édition originale

Enclave de culture protestante en France, le Pays de Montbéliard est aussi caractérisé par son

histoire industrielle, faite d'entrepreneurs, d'ouvriers, de talents, de métiers et de contestations.

C'est ce passé industriel que raconte *Mémoires de l'Enclave*, paru en 1986 sous la plume de l'écrivain d'origine comtoise Jean-Paul Goux. Ce livre pionnier de la littérature du réel, reconnu pour être une référence du genre, a été publié à la suite d'une résidence d'écriture, une originalité aussi à cette époque.

Aujourd'hui épuisé, malgré une réédition en 2003, l'ouvrage fait son retour en librairie en ce début d'année à l'occasion de son quarantième anniversaire.

Une édition critique dirigée par Pascal Lécroart, directeur du laboratoire ELLIADD, avec l'apport de chercheurs en sciences du

langage, en littérature française et en histoire de l'université Marie et Louis Pasteur, de l'université Bourgogne Europe et de l'université de Strasbourg. La réédition de *Mémoires de l'Enclave* s'inscrit en effet dans le cadre d'un vaste programme de recherche collectif, mené sur la base du fonds d'archives constitué par Jean-Paul Goux, et que l'auteur a confié à la MSHE Ledoux, chargée de la numérisation et de la conservation de cette importante documentation, avec l'appui des enseignants-chercheurs d'ELLIADD. L'ouvrage, dans sa version critique, est complété de notes qui explicitent les situations, les personnes, les lieux rencontrés au fil des 456 pages de l'édition originale, afin d'en faciliter la lecture et la compréhension quarante ans plus tard. Il témoigne également de la genèse de cette œuvre insolite dans la carrière littéraire de l'auteur, selon

< SCOP Cristel, Fesches-le-Châtel, 21 mai 1985
Photo Gilles Choffé

une méthode d'analyse dite de « génétique textuelle », chère aux spécialistes d'ELLIADD. Enfin, il est augmenté d'un cahier photographique, qui n'avait pas pu être édité comme prévu à l'époque : près de cent-cinquante clichés, pris alors sur le vif par le photographe Gilles Choffé, complètent aujourd'hui la parole écrite de leur impact visuel.

« La publication du livre résulte à l'origine d'une commande de La Cité, association de culture et de loisir travaillant au sein du comité d'entreprise de Peugeot, alors gérée par la CFDT et la CGT, qui souhaitait conserver la mémoire ouvrière du Pays de Montbéliard », explique Pascal Lécroart.

Mémoires de l'Enclave paraît au début des années 1980, alors même que la région est marquée par la désindustrialisation, les difficultés économiques et le chômage. Il raconte la condition ouvrière, entre amour du métier et révolte sociale, avec en toile de fond une histoire marquée par le paternalisme et l'évolution des conditions de travail, en particulier le travail à la chaîne. L'auteur s'invite dans les usines

« Japy a quand même été l'une des plus grandes maisons de France, à un certain moment. Pendant le XIX^e siècle, je ne vois pas de maison qui ait eu l'importance de Japy. Japy était connu dans le monde entier. Avec le recul du temps, on se rend compte de la valeur de ce qu'il y a eu à Beaucourt. Je crois que les gens de l'époque ne le réalisaient pas ; ça leur paraissait normal, naturel.

Alors quand la Fonderie a été démolie, ça m'a fait quelque chose, hein ! Parce qu'en dehors de mon foyer, qu'est-ce qu'il y avait dans ma vie ? C'était la Fonderie ! Quarante-sept ans de vie, ça marque ! J'ai eu mon foyer, et après c'était la Fonderie, le modelage. »

L'ancien modeleur de Beaucourt, berceau de l'entreprise Japy



SCOP Cristel, Fesches-le-Châtel, 21 mai 1985. Photo Gilles Choffé

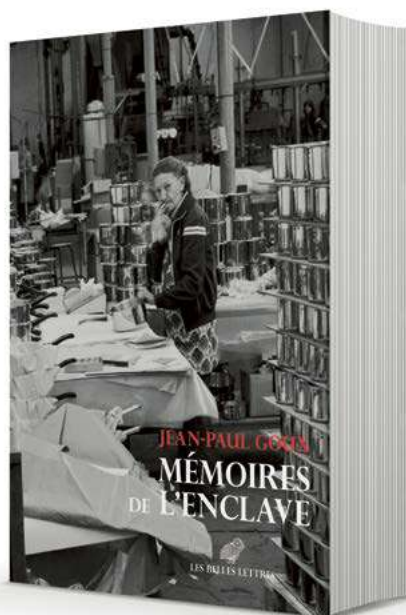
« On parle toujours des premiers congés payés mais jamais de la semaine anglaise. Vous vous rendez compte, ces femmes, je pense aux femmes surtout mais les hommes aussi, ces femmes qui travaillaient six jours par semaine, qui travaillaient le samedi, et elles avaient leur lessive à faire, elles avaient leurs courses à faire, quand est-ce qu'elles pouvaient les faire ? Les courses, elles les faisaient le soir, et les lessives, c'était le dimanche.

Et vous vous rendez compte que là, tout d'un coup... je ne sais pas comment c'est arrivé mais il n'y a rien eu, il n'y a pas eu de casse, il n'y a pas eu de grand mouvement. Mettez-vous à la place de ces gens-là, surtout des femmes, tout d'un coup on leur dit : « Vous avez votre samedi après-midi ! » Ça été une explosion de joie, et personne n'en a jamais parlé. On parle de 36, mais cette apparition de la semaine anglaise... »

Georges, le cégétiste

L'ouvrage est augmenté d'un cahier photographique, qui n'avait pas pu être édité comme prévu à l'époque

« *Mémoires de l'Enclave* est un ouvrage de littérature autant que d'histoire. C'est ce qui l'a hissé au rang d'ouvrage de référence pour la littérature du réel contemporaine »



Goux J.-P., *Mémoires de l'Enclave*, Éditions Les Belles Lettres, 2026. Édition critique dirigée par Pascal Lécroart, avec Quentin Arnoud, Andrée Chauvin-Vileno, Corinne Grenouillet, Yvon Houssais et Odile Roynette.

des familles Peugeot et Japy, à travers les témoignages qu'il recueille auprès des salariés, ouvriers et héros syndicalistes de ces industries emblématiques du territoire.

« Le cahier des charges orientait vers un roman, dans le souci d'éviter une accumulation journalistique d'anecdotes ou de stéréotypes. Mais le délai d'un an et demi s'avérait trop court pour mener à bien le projet sous cette forme, entre les entretiens à mener, la documentation à réunir et à analyser, et le travail de rédaction. Jean-Paul Goux a pris le parti de réaliser un " livre-dossier ", construit de manière volontairement hétérogène et polyphonique dans son écriture, jamais dogmatique. »

L'auteur débute à la première personne par son journal, dans lequel il prend la qualité d'Informateur et pose précisément le contexte historique. Mais il le fait à la

manière d'une fiction, qui pour le chercheur en littérature qu'est Pascal Lécroart, n'est pas sans rappeler le « réalisme magique » de Gabriel García Márquez.

La seconde partie du livre, de loin la plus longue, est celle des témoignages issus des entretiens, que l'auteur a retranscrits et entrecoupés d'analyses historiques, sociologiques ou anthropologiques.

« *Mémoires de l'Enclave* est un ouvrage de littérature autant que d'histoire. Outre le propos lui-même, c'est ce qui fait sa force, et c'est aussi ce qui l'a hissé au rang d'ouvrage de référence pour la littérature du réel contemporaine. »

Contact :
Laboratoire ELLIADD
UMLP
Pascal Lécroart
Tél. +33 (0)3 81 66 54 22
pascal.lecroart@umlp.fr

« *Des accidents, on en a vu de plus en plus, au fur et à mesure qu'ils ont augmenté les cadences de production. Et puis il y avait l'énervement, l'encombrement des locaux, la rapidité des mouvements à faire qui produisaient des accidents, des coupures, des ongles arrachés, les mains, les yeux. Oh ! les yeux, énormément les yeux.* »

L'infirmière de l'usine des Prés, à Beaucourt

« Si bien des lieux de l'Enclave sont désormais pour moi des lieux vivants, c'est à Robert C*** que je le dois [...] Il faisait froid, sur cette colline du Fort-Lachaux exposée aux vents. Mais Robert C*** ne bougeait pas, il regardait maintenant la grande usine et tirait comme en conclusion les leçons du périple qu'il m'avait fait faire. J'avais vu, me dit-il, ce qu'était à l'Enclave l'emprise patronale sur le paysage : ces cités, ces églises et ces temples, ces écoles, ces « châteaux », ces magasins de ravitaillement, ces voies ferrées, ces routes, ces usines : tout cela qui avait été suscité et créé par l'initiative patronale depuis les débuts du siècle précédent, avait laissé dans le paysage des traces où les signes de l'ancienne puissance se mêlaient aux signes de la puissance actuelle, sans que celle-ci dissimulât les plus anciens. Le paysage avait tout conservé, il portait les marques successives du pouvoir qui l'avait modelé. »

L'Informateur

SPORTIVEMENT VÔTRE

AVENTURE COLLECTIVE

Retour sur les Jeux de Paris !
Éric Monnin, directeur du CÉROU¹, et Georges Tirologos, ingénieur en analyses des sources historiques et culturelles à l'ISTA², codirigent la publication de l'ouvrage *Bilans et perspectives. Paris 2024*.

Les deux chercheurs de l'UMLP étaient engagés dans l'aventure des Jeux de Paris dès le parcours de la flamme olympique sur le sol grec, dont ils avaient participé à choisir les étapes³.

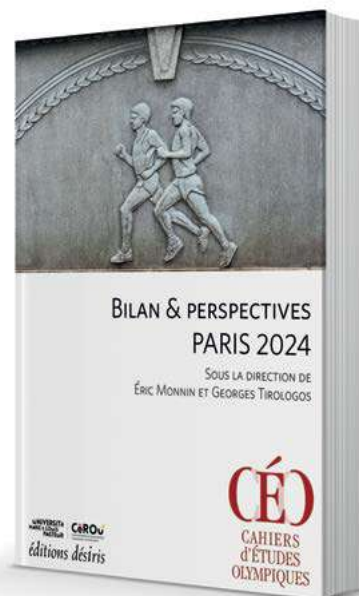
Aujourd'hui, dans ce deuxième ouvrage des Cahiers d'études olympiques réunissant les contributions d'universitaires, d'acteurs institutionnels et de professionnels, ils en interrogent les enjeux et

la portée, du rayonnement de la francophonie à la place des femmes dans la compétition, en passant par l'adhésion de la jeunesse à l'organisation de l'événement.

¹ Centre d'études et de recherches olympiques universitaires.

² Institut des sciences et techniques de l'Antiquité.

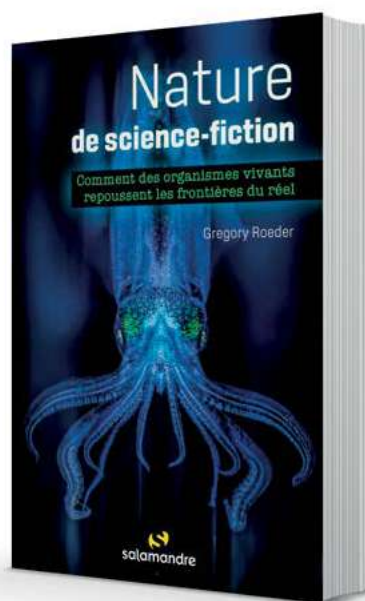
³ Relations tout feu tout flamme entre la Grèce et la France, en direct n° 305, mars-avril 2023.



Monnin É., Tirologos G., *Bilan et perspectives. Paris 2024*, Éditions Désiris, Collection «Cahiers d'études olympiques», 2025.

POUVOIRS DU VIVANT

AUX FRONTIÈRES DU RÉEL



Roeder G., *Nature de science-fiction. Comment des organismes vivants repoussent les frontières du réel*, Éditions La Salamandre, 2025.

Après le très bel ouvrage *Histoires surnaturelles*¹ montrant, en mots et en images, certaines interactions incroyables entre végétaux et animaux, Grégory Roeder emmène à nouveau ses lecteurs aux frontières du réel avec la parution de *Nature de science-fiction*.

Spécialiste de biologie et d'écologie chimique, Grégory Roeder enseigne et mène ses recherches à l'université de Neuchâtel. Il raconte dans ce livre vingt histoires illustrant « les capacités extraordinaires du vivant à inventer sans cesse les stratégies les plus folles pour vivre et se reproduire ».

Depuis les conversations entre plantes qui émettent de vrais sons jusqu'aux échanges de gènes entre des organismes

aussi différents que possible, des témoignages de pouvoirs naturels sidérants !

¹ Roeder G., Hette S., *Histoires surnaturelles. Alliances, ruses et stratagèmes entre plantes et insectes*, Éditions La Salamandre, 2022. Cf article en direct n°305, mars-avril 2023.



Les technologies donnent l'opportunité de tirer toujours plus d'enseignements des sites et des objets archéologiques, comme en témoignent en Bourgogne - Franche-Comté les recherches sur la métallurgie du fer.

Photo: Marion Beranger

ARCHÉO [MÉTALLURGIE]

TRANSFORMER LE MINÉRAI DE FER EN MÉTAL, UNE ACTIVITÉ RÉGIONALE HISTORIQUE

« En Puisaye, la production de métal devait être gigantesque, c'était sans doute la plus importante de l'ouest de l'empire romain »

Pas moins de 5 000 sites anciens de transformation du minerai de fer ont à ce jour été identifiés en Bourgogne - Franche-Comté, où les recherches sur les activités liées à la métallurgie du fer sont pionnières en France. Ces lieux de production, éloignés des habitats, sont signalés par des amoncellements parfois très hauts de scories, résidus des opérations de réduction du minerai pour en extraire le fer. Cartographiés puis datés par les méthodes radiocarbones, ces sites se répartissent en quatre zones principales. La première, autour de Berthelange dans le secteur de Besançon, est datée pour les VI^e et VII^e siècles, une autre dans le Morvan-Auxois fait état d'une production continue de fer sur tout le Moyen Âge, une autre encore est située dans la région

de Nevers. La dernière et la plus importante s'étend sur mille kilomètres carrés au nord de la Bourgogne, en Puisaye : elle concentre la moitié des sites de la Région, et témoigne d'une importante activité dès l'Antiquité et les débuts de la métallurgie du fer.

Ces constats établis, les chercheurs se posent la question des volumes de métal produits pour chaque site, de leurs circulations et échelle de diffusion, s'interrogent sur les techniques employées selon les périodes. Ces problématiques font l'objet de recherches interdisciplinaires de longue haleine. Elles ont notamment été étudiées dans le projet TerriFer, piloté par le laboratoire IRAMAT¹, qui vient de se clore au terme de trois ans de financements de la Région et du ministère de la Culture. « Les analyses de scories permettent de remonter à la

composition chimique du minerai de fer, et donc de connaître sa provenance, parce que le minerai présente des signatures différentes selon les régions », explique Marion Berranger, archéométallurgiste au Laboratoire métallurgies et cultures (LMC) de l'IRAMAT, rattaché à l'UTBM.

« Les analyses chimiques donnent aussi la possibilité de connaître la quantité de métal produite correspondant à chacun des tas de scories, ce sont des études de volume très innovantes, notamment en raison de l'exploitation volumique des données LIDAR. »

En Puisaye, le minerai est riche à 80 % en oxyde de fer ; il est contenu dans une même couche géologique, ce qui le rend homogène et facile à étudier. Le sol creusé de trous autour des immenses amas de scories laisse supposer une exploitation locale et à grande échelle, donnant lieu à transformation sur place.

« La production de métal devait être gigantesque dans la région, c'était sans doute la plus importante de l'ouest de l'empire romain », souligne la chercheuse, qui rappelle que la spécialisation des territoires en régions de production existait déjà au temps des Romains.

Au fil de ce temps long, les techniques évoluent bien sûr, et l'étude des scories permet de reconstituer leur histoire. Aux Âges du fer, la réduction se fait dans des fours d'abord à usage unique, puis réutilisables, sous lesquels les scories s'écoulent dans des fosses creusées dans le sol, où on les trouve encore aujourd'hui. Dès le II^e siècle avant notre ère, les scories sont évacuées hors de la cuve de combustion, leur aspect diffère selon les types d'écoule-

ment et de fourneaux. Les scories vitreuses, que les datations estiment entre le I^{er} et le IV^e siècle, témoignent de l'émergence de nouvelles techniques, non seulement d'évacuation, mais aussi et surtout de réduction à plus haute température, bien avant les hauts fourneaux qui se développeront de manière générale à partir du XIV^e siècle.

« On suppose que l'adoption précoce de ce procédé permettait de produire un métal probablement très aciéré. » Les recherches attestent que la technique à haute température était largement employée en Puisaye, mais ne semble l'être nulle part ailleurs à cette époque. Les études archéométriques montrent une occupation et une exploitation de la Puisaye jusqu'au XV^e siècle, plus tardivement que ce que les recherches précédentes, qui la limitaient à la période antique,

anciennes, la dendrochronologie sur charbon pourrait affiner les datations sur site, et la modélisation numérique donner de nouvelles perspectives pour l'interprétation des données », estime Marion Berranger. La clôture du projet TerriFer a donné lieu en 2025 à un colloque organisé par l'IRAMAT à la MSHE, qui a réuni des spécialistes de toute l'Europe de façon inédite depuis vingt ans. La rencontre a favorisé le partage et la synthèse de données, et la remise en contexte des connaissances. Elle a confirmé l'importance historique de la Puisaye pour la production de fer brut à travers les âges.

L'IRAMAT, l'Institut de recherche sur les archéomatériaux, est en France le laboratoire de référence pour l'archéométrie appliquée au domaine de la métallurgie. Il comprend trois entités de recherche, dont le LMC, le Laboratoire métallurgies et cultures de l'UTBM, spécialisé dans les métaux ferreux et non ferreux.



Mise au jour d'un amas de scories. Saint-Fargeau (89)
Photo Marion Berranger

le laissaient imaginer. Les archives prennent ensuite le relais des objets archéologiques, témoignant d'une production sidérurgique en Puisaye jusqu'au XIX^e siècle. « Pour les périodes les plus

Les scories vitreuses témoignent de l'émergence de techniques de réduction à plus haute température, bien avant l'apparition des hauts fourneaux

Contact :
Laboratoire métallurgies et cultures
LMC-IRAMAT
UTBM / CNRS
Marion Berranger
Tél. +33 (0)3 84 58 38 11
marion.berranger@utbm.fr



Les progrès de la technologie et de la connaissance donnent l'opportunité de façonner de nouveaux matériaux et de mettre au point des procédés inédits, dans tous les domaines. Des conceptions et des fabrications innovantes, surprenantes, au point parfois de défier l'imagination...

GRAND FORMAT [SUJETS D'ÉTONNEMENT]

MATÉRIAUX FANTASTIQUES

COUPER LE SON AVEC DES BOUGIES

Grâce à cette expérience, la mise en pratique de la théorie est enfin couronnée de succès

Si la plupart des gens arrangent des bougies sur une table de Noël pour faire joli, à l'Institut FEMTO-ST on les dispose de manière à ce qu'elles arrêtent le son. L'expérience, aussi étonnante que concluante, a été menée par Vincent Laude, directeur de recherche CNRS à l'Institut FEMTO-ST, et David Röhligh, post-doctorant dans son équipe au département MN2S. L'exécution en est très simple, mais correspond à une démarche théorique qui l'est nettement moins, derrière laquelle se cachent simulations numériques et calculs complexes.

Pour réaliser l'expérience, les chercheurs ont disposé côte à côte, et de manière à former un carré, une cinquantaine de bougies cylindriques ordinaires. En faisant passer des ondes sonores à l'intérieur du dispositif, ils ont constaté que certains signaux n'étaient pas restitués en sortie, qu'ils n'avaient pas non plus été absorbés, mais renvoyés : le dispositif fonctionne comme un miroir réfléchissant parfaitement les ondes acoustiques sur certaines fréquences, créant de larges bandes interdites. « En physique, on sait depuis longtemps que certaines dispositions de matériaux, appelées cristaux phononiques, ou cristaux soniques,

Le dispositif
fonctionne
comme
un miroir
réfléchissant
parfaitement
les ondes
acoustiques
sur certaines
fréquences,
créant de
larges bandes
interdites

manipulent efficacement la propagation des ondes sonores. Les cristaux à bulles, des arrangements réguliers de bulles d'air dans l'eau qui bloquent complètement des gammes de fréquence exceptionnellement larges, sont particulièrement impressionnants. Mais ces structures restent de l'ordre de la théorie, tant leur mise en œuvre s'avère compliquée », explique Vincent Laude.



Les chercheurs ont contourné la difficulté en reproduisant ces arrangements avec d'autres matériaux : dans l'expérience qu'ils ont réalisée, les espaces formés entre les bougies collées les unes aux autres remplacent les bulles, créant la stabilité qu'il est si difficile d'obtenir avec de l'air. Grâce à cette expérience, la mise en pratique de la théorie est enfin couronnée de succès, mais elle révèle une surprise de taille : ce ne sont pas tant les espaces et leur forme qui sont déterminants pour produire le phénomène, que les points de contact entre les cylindres. « C'est précisément à ces endroits que l'énergie sonore se concentre lorsque les ondes se propagent, témoigne le chercheur. Les calculs réalisés à partir de cette expérience ont montré que la structure agit comme un filtre acoustique simple, robuste et efficace. »

Le dispositif est susceptible d'être réalisé avec n'importe quel matériau, à toute échelle, et de fonctionner pour tout type d'ondes. Il laisse imaginer par exemple de pouvoir stopper des ondes sismiques dans la croûte terrestre en enfonçant des poteaux cylindriques en béton dans le sol, de protéger une installation des vagues, ou de réaliser des murs antibruit selon le même principe. L'expérience a été relayée dans la prestigieuse revue internationale *Physical Review Applied* en mai 2025. Elle se poursuit au département MN2S, où les chercheurs travaillent à décliner le dispositif dans le domaine des ondes électromagnétiques.

ARGILE NUMÉRIQUE. COMPOSITION : MICROROBOTS ET CAPTEURS OPTIQUES

Le développement de certaines activités industrielles nécessite des solutions non seulement performantes, mais aussi flexibles.

Une spécialité de la jeune société Phigi, créée en août 2025 après cinq ans d'incubation, et installée au pôle Numerica à Montbéliard (25).

Phigi conçoit et fabrique ce qu'elle nomme une « argile numérique », un matériau malléable au sens propre puisqu'il est capable de prendre n'importe quelle forme suggérée par un modèle numérique, dans le but d'établir des connexions entre des objets.

Ce matériau entre dans la catégorie « microsystèmes électro-actifs autonomes et de haute précision », selon une technologie révolutionnaire que la jeune *spin-off* issue de l'Institut FEMTO-ST est susceptible de décliner à de nombreuses applications. Développée dans le cadre d'un partenariat industriel européen, la première concerne l'espace, et plus précisément les besoins de couplage entre les satellites, qui ne manquent pas de croître à mesure que le cosmos est investi : à la manière des autoroutes terrestres qui ont installé des relais en carburant afin de rendre possible la circulation longue distance, l'augmentation du trafic spatial nécessitera bientôt de telles



Image générée par G. Darlot et M. Mijouney

connexions. Des opérations nécessitant flexibilité et précision, deux facultés apportées ici par des systèmes composés de dizaines de milliers de microrobots agglomérés entre eux.

Alimentés par de la lumière naturelle ou artificielle grâce au minuscule capteur dont chaque robot est équipé, ces systèmes sont autonomes en énergie. Ils sont pilotés par ordinateur, par l'intermédiaire d'un jumeau numérique qui permet de contrôler chacun de leur mouvement grâce à des algorithmes multi-agents, selon un savoir-faire issu de FEMTO-ST. Grâce à ce logiciel de commande, les microsystèmes reconnaissent leur

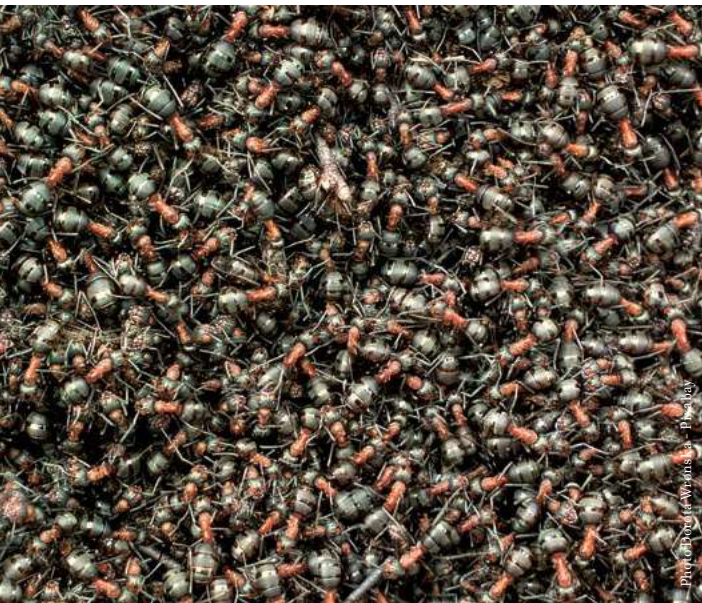
environnement, se déplacent et se fixent là où on le souhaite.

« Leur action peut être comparée à celle d'une colonie de fourmis, qui change de forme pour s'adapter aux endroits où elle s'installe. L'argile numérique est capable de se poser sur n'importe quel objet et d'en épouser les formes, quelles que soient les protubérances présentes à sa surface », explique Rémy Tribhout, cofondateur de Phigi aux côtés de Julien Bourgeois, enseignant-chercheur en informatique à l'UMLP / Institut FEMTO-ST, expert en matière programmable, et de David Blaauw, de l'université du Michigan, réputé pour être l'inventeur du plus petit ordinateur du monde. « À l'endroit où il s'accroche, l'essaim de microrobots crée des forces de jonction mécaniques et électrostatiques. Il pourra se substituer aux interfaces de couplage actuellement utilisées, et offrir une stabilité inédite entre deux satellites grâce à l'adaptabilité de sa matière. Un satellite de service pourra ainsi se mettre en relation avec un autre, par exemple pour l'alimenter en énergie. » Les chercheurs travaillent à rendre ces microsystèmes autonomes également dans leur fonctionnement, une nécessité pour qu'ils puissent s'engager dans les orbites géostationnaires, trop éloignées pour autoriser un pilotage à distance.

Phigi s'intéresse aussi aux problématiques terrestres, par exemple en médecine avec la mise au point de pansements électroactifs générant des champs statiques pour accélérer la cicatrisation des plaies. « Ces pansements sont formés d'un substrat flexible dans lequel sont logés réseau d'électrodes en métal et microgénérateur solaire. » Le substrat et les électrodes sont fabriqués de façon monolithique en impression 3D, une fabrication compatible avec n'importe quel matériau et déclinable à toutes formes de structures. Outre les domaines du spatial et de la santé, les applications de ces microsystèmes sont envisageables dans l'automobile, l'aéronautique..., partout où il est besoin d'intégration de « procédés sans couture ».

MATÉRIAUX INTELLIGENTS CRÉÉS ET INTÉGRÉS PAR IMPRESSION 4D

Tous les adeptes de science-fiction, petits et grands, ont un jour été éblouis par les capacités d'un robot à se transformer en voiture amphibie ou en avion de combat. Dans la vie quotidienne, plus modestement, un canapé peut se changer en lit double en réponse à une pression exercée sur son dossier. L'impression 4D semble relier les deux mondes, en donnant à la réalité des allures de science-fiction. Elle met en œuvre des matériaux intelligents, c'est-à-dire sensibles à des *stimuli* énergétiques comme la lumière, la température, l'humidité ou un champ électrique, pour donner à une structure la capacité de se transformer par elle-même, sans action mécanique ni intervention humaine. Cette technologie promet des façades de bâtiments reconfigurables en fonction de la température



« L'action des microsystèmes peut être comparée à celle d'une colonie de fourmis, qui change de forme pour s'adapter aux endroits où elle s'installe »

Le couplage des matériaux intelligents avec les procédés de fabrication additive ouvre à une quatrième dimension

¹ Composite : produit original constitué d'au moins deux matériaux de classes différentes, polymères, céramiques et alliages métalliques.

extérieure, des robots capables de se reprogrammer selon les pièces à saisir sur une chaîne de montage, ou des prothèses auto-ajustables suivant la croissance d'un enfant.

Les matériaux intelligents sont développés depuis plusieurs décennies, mais leur couplage avec les procédés de fabrication additive, qui ouvre à une quatrième dimension grâce à l'intégration de ces matériaux dans des objets imprimés, n'émerge que depuis une dizaine d'années. L'impression 4D repose sur des modèles numériques construits à base de voxels, autrement dit des pixels 3D, qui servent à représenter un objet sous forme géométrique et à concevoir, simuler et prédire le comportement des matériaux intelligents à l'intérieur de cet objet. Les modèles pilotent ensuite la fabrication additive de ces matériaux et de l'objet, dans une seule et même opération.

Technologie récente, l'impression 4D a aujourd'hui besoin de se structurer, de réunir les différentes disciplines indispensables à son développement, de fournir des démonstrateurs au monde industriel. En France, le Groupement de recherche (GDR) TRANS4M, labellisé par le CNRS début 2025, est chargé de relever ce défi. Il est piloté par Frédéric Demoly, enseignant-chercheur en mécanique à l'UTBM et à l'Institut universitaire de France (IUF) / laboratoire ICB, l'un des pionniers et des spécialistes mondiaux de l'impression 4D.

« TRANS4M rassemble dès à présent quarante-trois laboratoires représentant différents domaines scientifiques, qui seront à terme rejoints par des industriels. C'est cette convergence des disciplines et des compétences qui permettra de faire monter l'impression 4D en maturité. »

Parallèlement, Frédéric Demoly est porteur du projet ciblé ARTEMIS, intégré au programme de recherche PEPR DIADEM (France 2030), consacré à la découverte et au développement accéléré, grâce à l'intelligence artificielle, de matériaux actifs et de structures transformables par impression 4D. « L'IA donne la possibilité d'explorer davantage le potentiel de l'impression 4D, grâce à la découverte de nouvelles structures géométriques et à la mise au point de nouvelles

combinaisons ou compositions de matériaux. En agrégeant les connaissances disponibles et en exploitant les performances des réseaux de neurones et du symbolique, elle pourra produire des raisonnements qualitatifs qui permettront de justifier la recommandation de tel ou tel matériau. »

L'avènement de l'impression 4D implique de repenser totalement les méthodes, de modifier la façon de concevoir un procédé. Le développement de la technologie va également de pair avec une réflexion sur le recyclage des objets composites¹ qu'elle génère. Dans l'équipe de Frédéric Demoly, les chercheurs recourent aux possibilités offertes par la géométrie pour remplacer les colles et réaliser des assemblages de matériaux de toute nature. « Chacun des éléments imprimés est associé aux autres d'une façon que l'on pourrait comparer à une construction avec des briques Lego, dans les trois directions de l'espace. Le désassemblage de la structure est possible, il permet de remplacer et de réutiliser un élément défaillant. »

L'impression 4D peut décliner ses possibilités dans une foule de domaines applicatifs, du biomédical à la défense en passant par le génie civil. En créant des systèmes reconfigurables adaptatifs autonomes, elle promet d'allonger la durée de vie de certains produits comme d'en délester d'autres de la masse et de l'encombrement de multiples actionneurs. Elle ouvre aussi et surtout une porte vers des produits et procédés encore inconnus.



Image générée par G. Darlot avec Midjourney

² Polymère : ensemble de macromolécules dont les différentes structures sont à l'origine des familles de composés de cette large classe, qui comprend aussi bien des macromolécules biologiques comme les glucides et les protéines, ou encore la lignine du bois, des polysaccharides comme la cellulose, l'amidon ou la chitine, et des matières synthétiques comme les thermoplastiques et les élastomères.

³ Haute école d'ingénierie et de gestion du Canton de Vaud



« Nos hydrogels intègrent des nutriments, sous forme de billes qui pourraient être semées en même temps que des graines »

LES HYDROGELS, CAPTEURS FLEXIBLES OU PLUIE SOLIDE

Mis au point dès les années 1950, les hydrogels de synthèse ont donné lieu à des applications en médecine et en pharmacie avant d'investir d'autres domaines, de l'agriculture au spatial en passant par la robotique. Les hydrogels sont constitués d'une matrice polymère² capable d'absorber puis de restituer de grandes quantités d'eau, représentant jusqu'à 90 % de leur volume total. Ces matériaux biocompatibles et non toxiques, réalisables en impression 3D, présentent des propriétés bien spécifiques de conductivité électrique, de résistance ou encore de flexibilité.

Enseignant-chercheur à l'UMLP / Institut UTINAM, équipe Matériaux et surfaces fonctionnels (MSF), le chimiste Florian Jurin élabore des formulations de manière à donner de nouvelles perspectives d'application à ces matériaux si particuliers. Dans une recherche menée en collaboration avec Silvia Schintke à la HEIG-VD³, le chimiste a pour objectif d'ajuster les propriétés mécaniques des hydrogels pour augmenter leur conductivité électrique, en vue de réaliser des capteurs de contrainte flexibles.

« Dans le domaine médical, ces capteurs sensibles aux mouvements et non invasifs pourront être utilisés de façon inédite pour le diagnostic des pathologies articulaires ou musculaires, et également pour contrôler l'efficacité d'un traitement chez un médecin ou un kiné », explique le chercheur. Les mesures électriques et les tests de contraintes mécaniques, permettant de suivre les performances de ces formulations, sont effectués au sein de l'Institut UTINAM.

Une autre application visée au laboratoire concerne les hydrogels utilisés en agriculture, qui favorisent la rétention d'eau dans les sols et la libèrent en fonction des besoins des plantes, et qui leur valent l'appellation de « pluie solide ». Florian Jurin étudie la possibilité de leur ajouter des solutions nutritives. « Nous avons mis au point des hydrogels intégrant des nutriments, sous forme de billes, qui pourraient être semées dans les sols par les machines agricoles, en même temps que des graines. » Porosité, résistance mécanique, biodégradabilité..., de nombreux paramètres entrent en ligne de compte pour élaborer les formules chimiques les plus efficaces. « Biocompatible et de préférence biosourcé, l'hydrogel doit aussi être biodégradable. Mais sa vitesse de dégradation doit être maîtrisée pour lui permettre d'hydrater et de nourrir la plante correctement et suffisamment longtemps. » Un jeu d'équilibre et de patience partagé avec Fabienne Tatin-Froux au laboratoire Chrono-environnement, où des tests sont effectués sur la croissance de jeunes plants de maïs nourris par les hydrogels faits maison.

BRIQUES MÉTALLIQUES : VERS DES MATÉRIAUX BIOLOGIQUEMENT ACTIFS

D'autres chercheurs de l'équipe MSF travaillent à mettre au point de nouveaux complexes organométalliques (associations métal/ligand) et de nouveaux matériaux aux propriétés anticancéreuses ou antibactériennes. « La compréhension de la réactivité des complexes constitue le cœur de nos recherches », expliquent les chimistes Lydie Viau et Isabelle Jourdain. Dans le domaine du cancer, les travaux visent à créer de nouveaux complexes combinant plusieurs éléments métalliques afin d'obtenir un effet de synergie pour stimuler leur efficacité.

Réussir à
immobiliser
des complexes
métalliques
permettrait
d'obtenir
des surfaces
antibactériennes
biocompatibles

Les recherches se focalisent sur le platine, le fer et le cobalt, qui sont des métaux prisés pour leur activité anticancéreuse. L'activité biologique des complexes dépend aussi de la structure des ligands et de leurs interactions avec les métaux. Les ligands étudiés ici sont des hétérocycles azotés, qui entrent dans la composition moléculaire de nombreux médicaments.

« En collaboration avec des chercheurs de l'université du Havre spécialistes de ce domaine, nous leur apportons des modifications chimiques, par exemple avec un dérivé de la saccharine qui se révèle très intéressant ». Les complexes fabriqués sont caractérisés au moyen de différentes techniques d'analyse avant d'être soumis au verdict des essais sur le vivant. « Les tests d'innocuité sont réalisés sur des cellules saines à l'Institut FEMTO-ST, et les tests d'efficacité sont menés sur des cellules cancéreuses par une équipe spécialisée à Toulouse », précise Isabelle Jourdain. Les premiers tests réalisés *in vitro* montrent que les complexes associant deux métaux identiques se révèlent plus efficaces que ceux associant deux métaux différents.

D'autres recherches sont menées en collaboration avec l'Institut FEMTO-ST sur des complexes métalliques dans l'objectif de les immobiliser et d'obtenir des surfaces antibactériennes biocompatibles. L'objectif serait par exemple de recouvrir une prothèse pour limiter les risques d'infections nosocomiales lors d'une opération chirurgicale.

« Nos travaux portent sur l'argent, très connu pour ses propriétés antibactériennes, et sur d'autres métaux comme le ruthénium, le cuivre ou le rhodium », indique Lydie Viau.

Pour assurer l'adhérence des complexes réalisés, les chimistes s'inspirent de la nature en utilisant des dérivés de catéchols qui donnent aux moules marines, par exemple, la capacité de se fixer sur les rochers.

« Il paraît possible, de la même manière, d'immobiliser le complexe antibactérien sur une surface, de créer la liaison chimique qui assurera la stabilité du dépôt », résume la chercheuse.

POMMES DE TERRE CONTRE MICROPOLLUANTS

⁴ Composés per- et polyfluoroalkylés

⁵ Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail

Si la nature est une source d'inspiration pour les chimistes, les PFAS⁴, elles, sont des molécules artificielles, créées par et pour l'industrie dans les années 1940, largement utilisées une décennie plus tard, et devenues tristement célèbres depuis quelques années. Grâce à leurs formidables

propriétés antiadhésives et imperméabilisantes, et leur remarquable stabilité, les PFAS ont investi une foule de produits industriels et du quotidien, des textiles antitaches aux emballages alimentaires en passant par les cosmétiques et le matériel médical.

Mais on sait aujourd'hui la toxicité de ces molécules, qui sont non dégradables et bioaccumulables. Si on les trouve ainsi partout, dans l'air, les sols, les eaux, la chaîne alimentaire et dans nos organismes, les données sont encore lacunaires et les chercheurs se disent inquiets.

Dans cette grande famille de « polluants éternels », dont plus de dix mille substances sont connues sans que la liste soit exhaustive, le TFA, ou acide trifluoroacétique, est réputé pour être le plus simple et le plus mobile.

Depuis début décembre 2025 et la publication des résultats d'une étude menée par l'Anses⁵, il est aussi



Image générée par G. Dufé avec Midjourney

La cyclodextrine, issue de la dégradation enzymatique de l'amidon de pomme de terre, est susceptible de piéger les TFA, dont une récente étude de l'Anses atteste la présence dans 92 % des eaux du robinet en France

avéré que le TFA est présent dans 92 % des eaux du robinet en France. L'analyse de l'Anses portait sur six-cent-vingt échantillons d'eau prélevés sur l'ensemble du territoire. À l'UMLP / laboratoire Chrono-environnement, les chimistes Nadia et Grégorio Crini alertaient déjà ces dernières années sur la présence de PFAS dans les eaux du robinet et même dans les eaux en bouteille. Non contents d'établir ce constat, ils ont mis à profit leur longue expérience du traitement des eaux usées au moyen de substances naturelles, pour trouver une solution. Ils ont ainsi identifié que la cyclodextrine, issue de la dégradation enzymatique de l'amidon de pomme de terre, est susceptible de piéger les TFA. « Sur les PFAS à chaînes ultracourtes et courtes, présents à l'état d'ultratraces, les méthodes de traitement de l'eau actuellement proposées, comme les charbons actifs, sont très peu efficaces, explique Grégorio Crini. Les polymères de cyclodextrine permettent d'extraire sélectivement et efficacement les PFAS, TFA compris, *via* des interactions de type hôte-invité ».

Nadia Crini met en avant la structure particulière de la cyclodextrine, comparable à celle d'un abat-jour, dans laquelle la cavité hydrophobe attire et encapsule les molécules potentiellement toxiques, également hydrophobes, les séparant de fait des molécules d'eau. « Grâce à ses liaisons chimiques faibles, la cyclodextrine fonctionne parfaitement bien sur ces micropolluants à courtes chaînes alkylées, qu'elle peut capter, transporter et transférer dans une autre phase pour les libérer. » Les travaux du couple Crini et de leurs doctorants s'orientent depuis de nombreuses années vers le traitement des rejets industriels, et donnent lieu à des projets d'envergure, le plus souvent menés en partenariat avec des entreprises régionales dans les domaines du traitement de surface, de la papeterie et de la blanchisserie, et avec des stations d'épuration urbaines. Officiellement lancé ce mois de janvier, CONFLANDEX est le dernier en date, et bénéficiera d'une collaboration croisée entre chercheurs du laboratoire Chrono-environnement, de l'Institut FEMTO-ST et de l'Institut UTINAM, et d'autres universitaires en France et à l'international. Il s'attaquera à la problématique des PFAS dans les eaux et les boues industrielles, dont l'enfouissement ou l'épandage demandent à être remplacés d'urgence par des solutions moins impactantes pour l'environnement. La cyclodextrine et d'autres polymères naturels comme l'amidon ou le chitosane, dont les propriétés sélectives et les modes opératoires sont bien connus des chimistes de Chrono-environnement, figureront en première place dans ce projet.

LES VITRIMÈRES, DE NOUVEAUX MATÉRIAUX RÉPARABLES ET RECYCLABLES

Au rayon des plastiques, les vitrimères sont de tout nouveaux matériaux très prometteurs à la fois pour leurs propriétés et pour leur recyclabilité. Inventés au début des années 2010 par le physico-chimiste français Ludwik Leibler, ce sont des polymères organiques qui peuvent être fabriqués à partir de déchets plastiques.

Les vitrimères présentent les mêmes propriétés viscoélastiques que le verre, et se façonnent comme lui à chaud. La structure interne des vitrimères est composée de liaisons moléculaires susceptibles d'être défaites puis refaites sous l'action de la



Image générée par G. Darbois avec Midjourney

Objectif : fabriquer des vitrimères à partir de matières biosourcées combinées à des fibres végétales

température ou par voie chimique, et dans lesquelles il est possible d'interchanger des molécules. Ces liaisons particulières sont le secret de leur caractère réversible, leur donnant la possibilité d'être facilement réparés et recyclés.

Légers, résistants, insolubles, malléables, réparables, recyclables, peu coûteux, les vitrimères semblent présenter toutes les qualités pour concevoir de nouveaux composites, répondant aux exigences environnementales d'aujourd'hui. À l'UMLP / Institut FEMTO-ST, Vincent Placet veut ajouter une corde à leur arc en les fabriquant à partir de matières biosourcées et en les combinant à des fibres végétales, pour former des composites aux fonctionnalités avancées et permettant de répondre à une logique de circularité.

Un article paru en avril 2024 dans *Science* fait état des résultats obtenus par le chercheur en mécanique et par ses collaborateurs des universités de Montpellier et de Graz en Autriche. « La production d'un démonstrateur a permis d'attester qu'il est possible de réaliser un vitrimère biosourcé compatible avec des fibres végétales, pour la fabrication d'une nouvelle génération de composites structuraux et durables. »

Publication scientifique et preuve de concept sont le point de départ du projet RE-Fibre, qui réunit cinq laboratoires de recherche européens et plusieurs industriels autour des travaux de onze doctorants, tous

Contacts :

Institut FEMTO-ST

UMLP / SUPMICROTECH / UTBM / CNRS
Département MN2S
Vincent Laude
Tél. +33 (0)3 63 08 24 63
vincent.laude@femto-st.fr

Département Mécanique appliquée
Vincent Placet
Tél. +33 (0)3 81 66 60 55
vincent.placet@femto-st.fr

Société Phigi

Rémy Tribhout
Tél. +33 (0)7 45 25 87 64
remy@phigi.io

Institut Carnot de Bourgogne – ICB

UBE / UTBM / CNRS
Frédéric Demoly
Tél. +33 (0)3 84 58 39 55
frederic.demoly@utbm.fr

Institut UTINAM

UMLP / CNRS
Équipe Matériaux et surfaces
fonctionnels – MSF
Florian Jurin
Tél. +33 (0)3 81 66 20 45
florian.jurin@umlp.fr

Lydie Viau / Isabelle Jourdain
Tél. +33 (0)3 81 66 62 72 / 62 68
lydie.viau@umlp.fr
isabelle.jourdain@umlp.fr

Laboratoire Chrono-environnement

UMLP / CNRS
Grégorio Crini
Tél. +33 (0)3 81 66 57 01
gregorio.crimi@univ-fcomte.fr



consacrés de ce sujet. Lancé en janvier 2025 pour quatre ans, piloté par l'université de Graz, le projet entre aujourd'hui dans une phase pleinement opérationnelle. À l'Institut FEMTO-ST, une thèse en recherche fondamentale démarre en vue d'augmenter le pouvoir d'adhésion moléculaire des fibres et de la matrice dans le matériau, une autre est consacrée à l'étude de la recyclabilité et de l'utilisation à l'échelle industrielle des composites à fibres végétales et matrice vitrimère biosourcée.

« Les travaux s'orientent en premier lieu vers la lignine du bois, une substance difficile à valoriser car elle comporte plusieurs sous-familles, correspondant à différents types de molécules. » Recourir à la lignine pour mettre au point des vitrimères biosourcés est une option pour profiter de ses propriétés mécaniques cependant très intéressantes, tout en utilisant des déchets industriels de volume importants, comme ceux issus de la fabrication de la pâte à papier. En affichant de telles ambitions, le projet RE-Fibre confirme aussi qu'il est possible de conjuguer mise au point de nouveaux matériaux et impératifs de durabilité.



en-direct

Service Sciences, arts et culture
Université Marie et Louis Pasteur
Tél. +33 (0)3 81 66 20 06 / 20 88
Journal-EnDirect@univ-fcomte.fr
endirect.univ-fcomte.fr
Directeur de la publication:
Hugues Daussy
Rédaction, composition:
Catherine Tondou
Diffusion, site web: Julie Brandelik
Conception graphique et
couverture: Gwladys Darlot
Impression: L'imprimeur Simon,
Ornans / Imprim'vert.

EN DIRECT EST ÉDITÉ PAR :

Université Marie et Louis Pasteur^{1/2}
1, rue Claude Goudimel
25000 Besançon
Président: Hugues Daussy
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^{1/2}
Chemin de l'Épitaphe
25000 Besançon
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
Directeur: Tristan Maillard
Tél. +41 (0)32 930 11 11

Établissement français du sang Bourgogne - Franche-Comté³

1, boulevard A. Fleming
25020 Besançon cedex
Directrice: Fanny Delettire
Tél. +33 (0)3 81 61 56 15

ISSN: 0987-254 X (imprimé),
3037-0272 (en ligne).
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
Suivez-nous sur LinkedIn:
company/journal-en-direct

¹ Établissement membre de la Communauté
du savoir, réseau de collaboration
de l'Arc jurassien franco-suisse.

² Membre fondateur de l'établissement
public expérimental (EPE) Université
Marie et Louis Pasteur (UMLP).

³ Membre associé à UMLP.