

EN DIRECT

LE JOURNAL DE LA RECHERCHE ET DU TRANSFERT DE L'ARC JURASSIEN - NUMÉRO 306 - MAI-JUIN 2023



GRAND FORMAT [AGRICULTURE, PARTIE 1]

RENOUER AVEC LA NATURE

FABRICATION ADDITIVE

Une main de cuivre élaborée par projection à froid

INGÉNIERIE

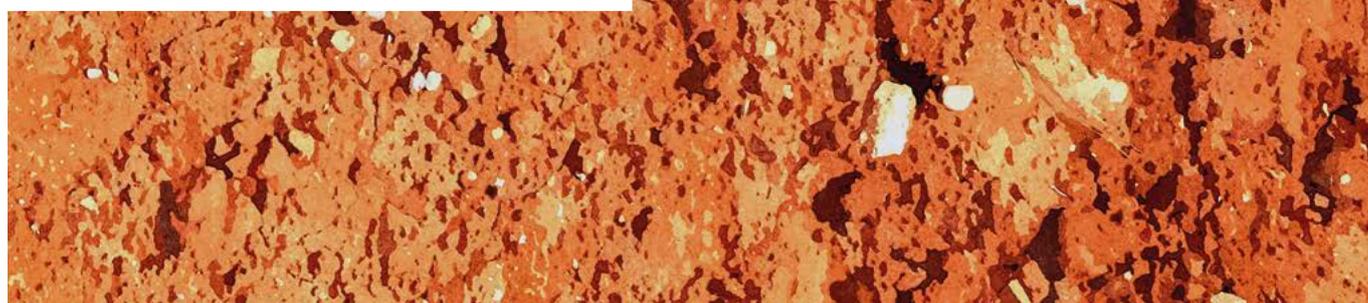
Traitements de surface homogènes pour implants médicaux sur mesure

COULEURS [DU FUTUR]

Hydrogène vert, hydrogène blanc

MÉDIA [PLANNING]

Antiquité et pub TV





EN DIRECT

NUMÉRO 306 - MAI-JUIN 2023

3 | ACTUALITÉS

- Une médaille de bronze pour Clémentine Fritsch
- Une main de cuivre élaborée par projection à froid
- Traitements de surface homogènes pour implants médicaux sur mesure
- Projets agricoles et financement participatif
- Territoire porte-bonheur
- *Quid* de la ville de Besançon à l'avènement du christianisme ?
- La physiothérapie fait sa rentrée à la He-Arc
- Grade de licence pour les formations aux métiers d'art et au design
- Une journée sous influence du chiffre 6

12 | COULEURS [DU FUTUR]

Hydrogène vert, hydrogène blanc

14 | MÉDIA [PLANNING]

Antiquité et pub TV

16 | GRAND FORMAT [AGRICULTURE, PARTIE 1]

Renouer avec la nature

TALENTS CNRS

UNE MÉDAILLE DE BRONZE
POUR CLÉMENTINE FRITSCH

Mulots, musaraignes et autres petits mammifères sauvages sont au cœur des recherches en écotoxicologie que mène Clémentine Fritsch au laboratoire Chrono-environnement : la chercheuse étudie l'impact des pesticides et polluants sur ce petit monde, selon des méthodes non létales et peu invasives, pour déterminer les expositions auquel il est soumis. L'enjeu est lui, de taille, si l'on considère que 55 000 à 70 000 tonnes de produits phytopharmaceutiques sont vendus chaque année en France, essentiellement pour les besoins de l'agriculture¹. Les mesures et analyses réalisées sur les animaux sont corrélées à des données concernant les structures paysagères dans lesquelles ils vivent, afin de déterminer l'influence potentielle de cet environnement : cultures, prairies ou habitats semi-naturels, haies, agriculture conventionnelle ou biologique²... Ces travaux valent à Clémentine Fritsch une magnifique médaille de bronze du CNRS 2023, une distinction qui veut récompenser des premiers et néanmoins fructueux travaux de recherche, et encourager les talents. Des recherches qui, ici, « apportent de nouvelles connaissances pour l'évaluation et la gestion des risques liés aux pollutions », comme l'indique le communiqué de presse du CNRS.

« Je suis touchée par la reconnaissance scientifique que cette médaille représente, par la confiance qui m'est portée, et rassurée sur mes choix. » Clémentine Fritsch pense aussi au laboratoire Chrono-environnement, par ricochet récompensé pour sa démarche



Photo Estelle France - Chrono-environnement

scientifique et pour la qualité, et l'originalité, des travaux qui y sont menés.

Très investie dans ses recherches, Clémentine Fritsch l'est aussi au niveau collectif, comme en témoignent ces exemples... Au plan local, elle a collaboré au montage de la ZAAJ, la Zone atelier de l'Arc jurassien, et au sein de cet observatoire grandeur nature, a participé à des études visant à mieux comprendre les mécanismes de transfert de polluants dans les écosystèmes. Au niveau national, la chercheuse a contribué pendant deux ans à une expertise scientifique sur la question des impacts des produits phytopharmaceutiques sur la biodiversité. Commanditée par le gouvernement et confiée à l'INRAE et à l'IFREMER, cette expertise de grande envergure a réuni 46 chercheurs issus de 19 organismes de recherche, parmi lesquels Michaël Coeurdassier, également écotoxicologue à Chrono-environnement ; les spécialistes ont rendu leur

¹ Source : Notes de suivi EcoPhyto, ministère de l'agriculture et de la souveraineté alimentaire

² En savoir plus avec la lecture du Grand format en page 16

rapport en mai 2022. Clémentine Fritsch a récemment aussi coanimé un groupe de travail « exposition de la faune sauvage » dans un séminaire international portant sur l'amélioration des procédures d'évaluation du risque environnemental pour la faune sauvage lié aux produits chimiques, organisé avec des spécialistes européens, américains et canadiens. Outre la qualité de ses recherches, cet engagement et ce dynamisme ont sans doute aussi été remarqués et appréciés à leur juste valeur par les membres du jury du CNRS...

Contact :
Laboratoire Chrono-environnement
Université de Franche-Comté / CNRS
Clémentine Fritsch
Tél. +33 (0)3 81 66 62 71
clementine.fritsch@univ-fcomte.fr

FABRICATION ADDITIVE

UNE MAIN DE CUIVRE ÉLABORÉE PAR PROJECTION À FROID

C'est une main qui, par la complexité de sa forme, montre de façon spectaculaire l'étendue des possibilités offertes par la projection à froid et le savoir-faire des chercheurs qui mettent en œuvre cette technologie. Habituellement utilisée pour créer des revêtements donnant des propriétés particulières aux surfaces traitées, la projection à froid (*Cold Spray*) de particules métalliques est parfaitement maîtrisée par les spécialistes de l'UTBM au Laboratoire interdisciplinaire Carnot de Bourgogne (ICB). Lui-même expert en robotique appliquée à la projection



thermique, Sihao Deng a fait monter d'un cran les capacités du *Cold Spray* avec la fabrication de cette main en cuivre, symbole parfait d'un objet complexe en 3D que la technologie peut

désormais prétendre élaborer. Une nouvelle application qui n'aurait pas pu voir le jour sans les apports de la robotique, et ceux, sous-jacents, de l'informatique.

COUCHES DÉPOSÉES SELON UN SCHEMA ULTRAPRÉCIS

Projetées à une vitesse de l'ordre de 600 mètres par seconde par un gaz comprimé à 30 bars, des particules d'alliage de cuivre de 0,03 mm de diamètre s'écrasent sur un support où elles s'agglomèrent par couches successives, en suivant un schéma déterminé et ultraprécis. La buse de projection est statique, c'est le support qui bouge pour assurer la réception des particules de cuivre exactement à l'endroit et selon l'angle voulu : il est fixé au bras d'un robot qui pilote tous ses mouvements et contrôle le dépôt, à partir d'un modèle CAO de la pièce à réaliser ; différents algorithmes ont auparavant été mis au point pour

être les cerveaux de l'opération. Résultat : la main en cuivre prend forme peu à peu, depuis la base de la paume jusqu'au bout des doigts, en couches successives qui en composent

l'intérieur avant d'en peaufiner les bords. Le tout ne demande que 70 minutes.

Comparée à la technologie de fusion laser sur lit de poudres (SLM), qui est un autre fer de lance de l'équipe UTBM/ICB pour la fabrication additive et qui possède ses propres atouts, la projection à froid présente différents avantages : « Le temps de mise en œuvre, ici divisé par 7, le rendement de matière, de l'ordre de 90 %, et la possibilité de réaliser des pièces de grandes dimensions », recense Sihao Deng en quelques mots. Tous les métaux adaptés à la projection à froid se prêtent à cette technique, que les poudres soient mélangées pour composer un matériau hybride ou que les différentes particules fassent l'objet de couches séparées. Pas de limites en termes de matériaux, de complexité et de dimensions des pièces : la fabrication additive par projection à froid devrait trouver de nombreux développements, dans les domaines de l'aéronautique ou de l'électromagnétique notamment. Les spécialistes pourront assurer des prestations de service auprès des entreprises, qui par leurs demandes spécifiques nourriront à leur tour la recherche : des allers et retours fructueux entre laboratoire et industrie.

Contact :
Laboratoire interdisciplinaire Carnot
de Bourgogne – ICB
Sihao Deng
Tél. +33 (0)3 84 58 32 80
sihao.deng@utbm.fr

INGÉNIERIE

TRAITEMENTS DE SURFACE HOMOGENES
POUR IMPLANTS MÉDICAUX SUR MESURE

Les revêtements ALD, pour *Atomic Layer Deposition*, sont des dépôts chimiques en phase vapeur obtenus sous vide. Ils permettent de réaliser des couches très fines, dont l'épaisseur est contrôlée à l'échelle nanométrique, sur des surfaces complexes.

À la HE-Arc Ingénierie, ces dépôts sont effectués sur des polymères fabriqués par impression 3D pour réaliser des implants médicaux.

« Le procédé consiste en une fine projection séquentielle de deux gaz autosaturants, capables de réagir avec une surface. Le dépôt obtenu par croissance ALD enrobe ainsi de façon homogène tous les éléments d'une pièce, sans zone d'ombre », explique Sophie Farine-Brunner, adjointe scientifique dans l'équipe Ingénierie des surfaces de l'école. Le premier gaz utilisé contient des atomes de métal, par exemple du titane, qui réagissent avec le substrat ; la première couche ainsi obtenue produit des oxydes lorsqu'elle est soumise à un second réactif, ici de la vapeur d'eau ; une succession de couches permet

selon ce procédé d'obtenir des revêtements de 10 à 500 nm d'épaisseur.

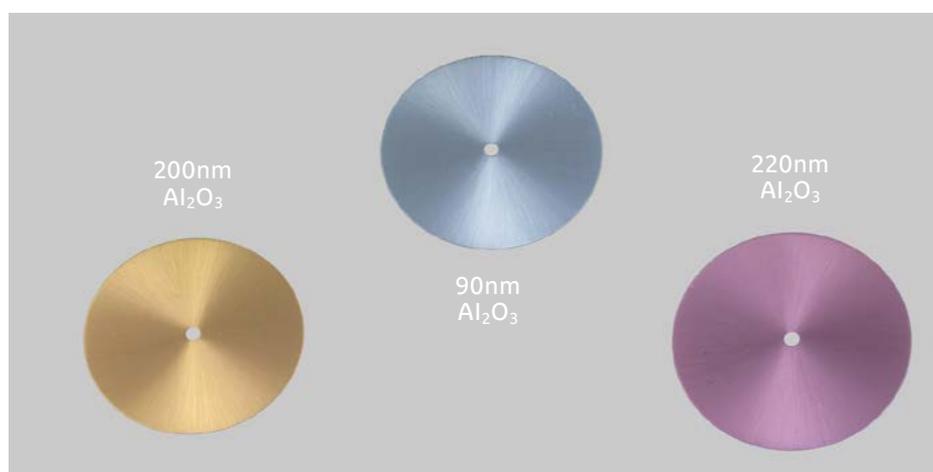
APPLICATIONS
DU SECTEUR DE
L'HORLOGERIE AU
DOMAINE MÉDICAL

Après avoir longtemps travaillé sur des substrats métalliques pour des projets en horlogerie, les spécialistes de la HE-Arc déclinent leur savoir-faire aux polymères, pour des applications à visée médicale. Ils travaillent notamment sur le PEEK, un thermoplastique semi-cristallin utilisé pour la fabrication de prothèses chirurgicales. « Il nous faut adapter nos procédés chimiques pour obtenir les résultats escomptés : ce polymère est poreux et les gaz réagissent d'une façon différente avec sa surface. »

Élaborés sur mesure par fabrication additive, les implants PEEK se substituent à la perfection à un élément osseux qu'il est nécessaire de remplacer ; la technologie 3D

autorise la réalisation de formes complexes particulièrement utiles pour la chirurgie maxillo-faciale, crânienne ou vertébrale. Le revêtement de dioxyde de titane leur apporte une protection supplémentaire et une plus-value en termes de soin, en favorisant la prolifération des cellules environnantes impliquées dans le processus de guérison. Toujours en collaboration avec le milieu médical, Sophie Farine-Brunner et son équipe prévoient de mener à bien d'autres projets, en développant de nouvelles compétences autour de la technologie ALD. Les dépôts sont actuellement réalisés sous vide entre 100 et 300 °C ; en abaissant cette température, il deviendrait possible de les appliquer sur des polymères flexibles, pour la mise au point, par exemple, de cathéters de nouvelle génération.

Contact :
Haute Ecole Arc Ingénierie
Sophie Farine-Brunner
Tél. +41 (0)32 930 25 49
sophie.farinebrunner@he-arc.ch



Revêtements ALD sur substrats métalliques pour l'horlogerie. Oxyde d'aluminium en trois coloris. Photo HE-Arc Ingénierie

QUESTION DE FINANCES

PROJETS AGRICOLES
ET FINANCEMENT PARTICIPATIF

Photo Jean-Pierre Ventier - Flickr

Le *crowdfunding*, ou financement participatif, est un moyen né avec l'essor d'internet de lever des fonds pour financer des projets d'entreprise. Dons, prêts avec ou sans intérêts, investissements en capital, en obligations ou contre *royalties*, les possibilités sont multiples pour s'adapter aux besoins des porteurs de projets comme aux souhaits des financeurs. Mises en œuvre par l'intermédiaire de plateformes spécialisées, les activités de *crowdfunding* sont soumises à une réglementation spécifique. Le financement participatif concerne de nombreux domaines, la culture, l'art, l'innovation, le numérique, l'environnement... Les chercheurs du CRESE s'intéressent aux mécanismes intervenant dans le financement de projets agricoles, sur une zone s'étendant du Territoire de Belfort jusqu'au Jura, le long de la frontière avec la Suisse. « Nous avons récolté des données portant sur 77 projets financés par *crowdfunding* au cours des dernières années, explique Catherine Refait-Alexandre, professeure d'économie bancaire à l'université de Franche-Comté / CRESE. Notre objectif est

d'établir un état des lieux, de mieux connaître les ressorts qui sous-tendent la démarche et de mettre les théories économiques traditionnelles à l'épreuve de ces nouvelles pratiques ». Et notamment les jeux coopératifs, qui étudient des situations, ou *jeux*, dans lesquels un gain global doit être réparti entre les individus, ou *joueurs*.

RESSORTS
ÉCONOMIQUES

Quelles sont les interactions entre le financement participatif et le secteur bancaire classique ? Quelle est l'influence des liens, selon leur nature, entre les porteurs de projets ? Le nombre de financeurs influence-t-il la réussite de la levée de fonds ? La dynamique temporelle joue-t-elle un rôle important ?... L'enquête ne fait que commencer, nourrie des données disponibles sur les plateformes et d'entretiens qualitatifs menés auprès de certains des porteurs de projet identifiés. « Le *crowdfunding* est la plupart du temps complémentaire au

crédit. Il fonctionne bien pour les projets à vocation de transition agricole, comme le passage d'une ferme au bio, l'achat de panneaux photovoltaïques ou la mise en place de circuits courts de distribution. La proximité géographique favorise les liens entre porteurs de projet et contributeurs, qui par exemple peuvent visiter l'installation qu'ils participent à financer. » L'étude confirme l'influence du *timing*, et l'importance d'avoir de nombreux contributeurs au début de la levée de fonds. Domaine en forte croissance, le financement participatif affiche une hausse d'activité de 25 % entre 2021 et 2022, une année record avec plus de 2,3 milliards d'euros de collecte enregistrés par les plateformes. L'agriculture représente 4,2 % des dons, 1 % des prêts, et 6 % de l'investissement en capital du secteur « économie » financé par *crowdfunding*.

Contact :
Centre de recherche sur les stratégies économiques – CRESE
Université de Franche-Comté
Catherine Refait-Alexandre
catherine.refait-alexandre@univ-fcomte.fr

POIDS ET MESURES

TERRITOIRE PORTE-BONHEUR

Un territoire peut-il être vecteur de bonheur ? Cette interrogation peu banale est soumise à l'avis d'un collectif de chercheurs, chacun alimentant la réflexion des compétences liées à sa discipline. Car il n'existe pas d'expert en bonheur territorial ! Mandatés par le service prospective de la Région Bourgogne - Franche-Comté pour se pencher, avec ses chargés d'étude, sur une question qui en appelle mille autres, ils sont treize chercheurs issus de différents laboratoires de sciences humaines et sociales, et fédérés sous la bannière de la MSHE de Besançon, à apporter leur pierre à un édifice dont la construction ne fait que commencer.

NOUVEAUX INDICATEURS

En matière de développement territorial, ce sont des indicateurs socio-économiques qui traditionnellement sont convoqués pour caractériser les forces, et souvent encore, l'attractivité d'un territoire : la population, l'emploi, le logement, les solutions de mobilité, l'artificialisation du paysage, la gestion de l'énergie, des déchets... Dès lors qu'on valorise les atouts d'un territoire en termes de bonheur, il s'agit de prendre en considération des données d'un autre genre, comme l'apaisement apporté par un environnement peuplé d'oiseaux, la qualité de la relation avec les proches, ou la satisfaction de son niveau de vie et de santé. La recherche de tels indicateurs, pour être peu ordinaire, n'est pas entièrement nouvelle. Mais si des initiatives sont prises dès les années 1970 pour tenter

de considérer le bonheur sous un jour plus qualitatif, elles se rapportent généralement aux individus.

« Ces études font le plus souvent la somme des ressentis individuels, qu'elles rapportent ensuite au territoire pour le caractériser », explique Laure Nuninger, chargée de recherche CNRS, responsable du pôle Dynamiques territoriales à la MSHE et copilote du projet avec Jérôme Bolot, chargé d'études et de prospective régionale à la Région. « Ici, nous souhaitons étudier ce que le territoire lui-même peut apporter aux individus en tant que collectifs, comment le bien-vivre peut se construire par ce qui relie l'ensemble des êtres, humains et non-humains, dans un milieu. » Éplucher les études et rapports déjà publiés, se renseigner sur les initiatives prises dans

indicateurs pertinents pour jauger le bonheur territorial en Bourgogne - Franche-Comté, selon son découpage en établissements publics de coopération intercommunale (EPCI), des regroupements de communes de tailles variables. « À l'intérieur même d'un EPCI, comme Grand Besançon métropole qui rassemble la ville, ses différents quartiers et ses communautés péri-urbaines, les critères d'appréciation peuvent être très inégaux. C'est une des difficultés de l'étude. »

Les outils et recommandations issus de ce projet engagé jusqu'au printemps 2024 pourront servir à accompagner la mise en œuvre du schéma régional d'aménagement, de développement durable et d'égalité des territoires (SRADDET) Ici 2050,

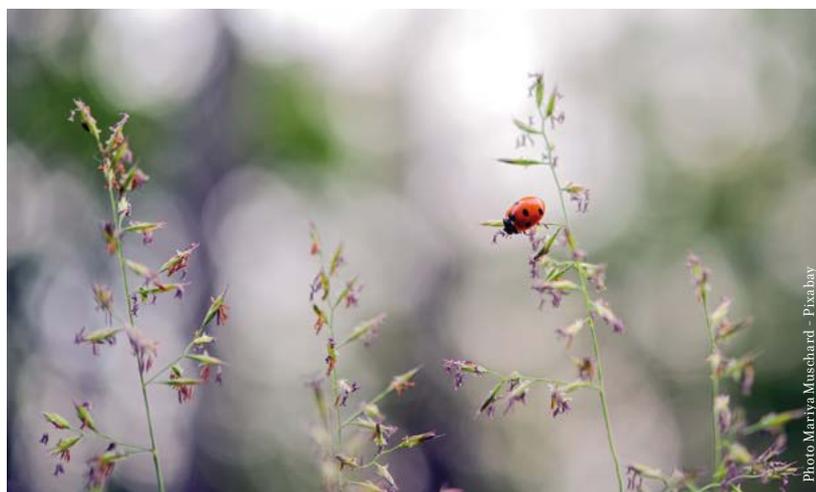


Photo Mariya Muschard - Pixabay

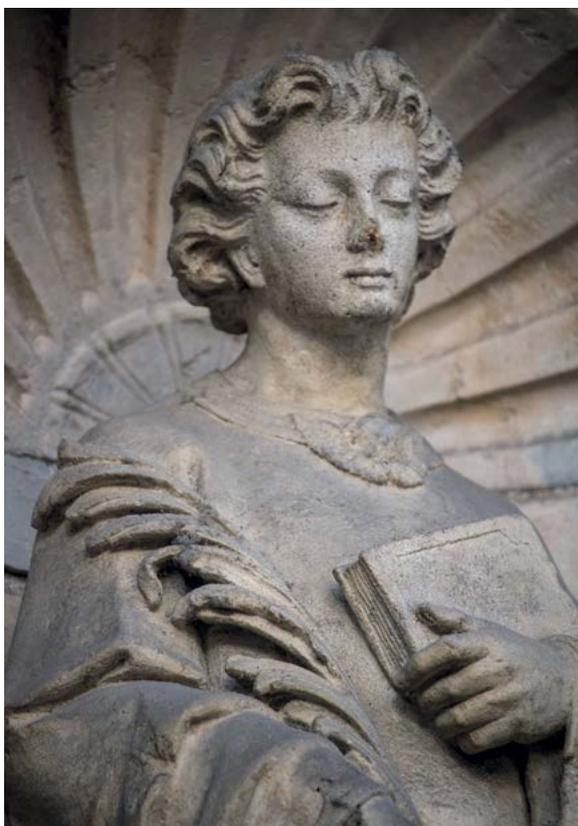
d'autres régions, faire émerger des concepts théoriques, mettre au point des méthodes de recueil des informations sur le terrain..., le projet en est à sa phase exploratoire. Une étape préliminaire complexe, à partir de laquelle il deviendra possible de déterminer des

élaboré par la collectivité en faveur de la dynamisation du territoire.

Contact :
MSHE
Université de Franche-Comté
Laure Nuninger
laure.nuninger@univ-fcomte.fr

PATRIMOINE URBAIN

QUID DE LA VILLE DE BESANÇON À L'AVÈNEMENT DU CHRISTIANISME ?



Statue de Saint-Ferjeux, portail de l'église Notre-Dame de Besançon.
Photo Laura Riefolo

Au IV^e siècle, le christianisme devient la religion de l'empire romain. Sous le règne de l'empereur Constantin, l'édit de Milan promulgué en 313 accorde la liberté religieuse aux Chrétiens, après des siècles de persécution. À Besançon comme ailleurs, les premières églises à la gloire du dieu unique s'érigent dès cette époque, exerçant leur force d'attraction pour la construction de bâtiments et de quartiers entiers tout autour d'elles : c'est une rupture avec l'urbanisme antique. Comment la ville s'est-elle développée à partir des bouleversements apportés par la christianisation ? Quels sont les héritages de cette nouvelle organisation urbaine au

cours du temps ?

Ces questions concernent la période charnière, qui, du IV^e au XI^e siècle, marque une longue transition entre l'Antiquité tardive et le Moyen Âge classique. Si des documents historiques fournissent des éléments de connaissance sur ce passé, les traces archéologiques en sont quasi inexistantes. Une vue partielle, à laquelle le projet collectif de recherche *Vesontio Christiana*.

Topographie chrétienne de Besançon du IV^e au XI^e s. entend donner une nouvelle dimension.

ÉVOLUTION URBAINE À LONG TERME

Archéologue au laboratoire Chrono-environnement, Morana Čaušević-Bully copilote le projet à l'université de Franche-Comté, avec Marie-Laure Bassi à la direction du patrimoine historique de Besançon. « Travailler sur l'architecture et la topographie chrétiennes de Besançon aidera à retracer l'évolution urbaine de la cité sur cette longue période. » Les églises Saint-Pierre,

Saint-Étienne, Saint-Maurice, la Madeleine et Notre-Dame, la basilique Saint-Ferjeux et la cathédrale Saint-Jean sont les principaux édifices religieux dans la ligne de mire des chercheurs. Le croisement des sources historiques et la relecture critique de textes parfois millénaires apportent de nouveaux éclairages sur ce patrimoine, une recherche documentaire complétée par des sondages archéologiques et des prospections géophysiques sur site. « Située rue Mégevand, l'église Notre-Dame par exemple date du XVIII^e siècle, mais on trouve des vestiges beaucoup plus anciens enfouis dans son ventre », raconte Morana Čaušević-Bully. Et à proximité, les archéologues découvrent avec étonnement les restes de murs d'un bâtiment monumental, qu'ils attestent de l'Antiquité tardive ; c'est le seul secteur bisontin où des constructions maçonnées datant de cette époque ont été mis au jour, avec celles de la rue Porteau.

DÉCOUVERTE À LA CATHÉDRALE SAINT-JEAN

Autre surprise de taille à la cathédrale Saint-Jean, dont des sources écrites laissent supposer qu'elle était le siège d'un évêché dès le IV^e siècle, mais dont « on ne sait rien de l'architecture ou de l'aspect à cette époque ». À la lecture d'un rapport de fouilles menées square Castan sous l'actuel Hôtel de Région, rédigé en 1989, les chercheurs remarquent

le signalement de vestiges monumentaux, une trouvaille cependant alors laissée sans suite ; en replaçant cette découverte dans un contexte historique et archéologique révélé dans le cadre du programme de recherche actuel, ils ont pu qualifier ses origines : celles d'un très grand bâtiment datant du IV^e siècle, construit selon la technique de l'*opus africanum* qui n'avait jusqu'alors dévoilé son alternance précise de murs et de piliers en pierre que sur quatre sites, à Luxeuil, Tournai, Augst et Genève. « La mise en perspective de l'ensemble des résultats préliminaires nous permet de proposer aujourd'hui une première esquisse d'une nouvelle monumentalité de l'Antiquité tardive, à relier avec la mise en place d'un nouveau quartier de la ville, celui d'un groupe épiscopal avec sa cathédrale paléochrétienne. » Les cinq années de recherches produites par le PCR *Vesontio Christiana* autorisent une lecture renouvelée du patrimoine et de l'architecture de la période considérée. Les résultats seront dans les mois prochains mis à la disposition du grand public par le biais d'un atlas numérique consultable gratuitement sur le net, édité avec le soutien de la Région et de la DRAC. Un programme de fouilles est envisagé en relais du projet, il devrait concerner en priorité l'église Notre-Dame et la cathédrale Saint-Jean, qui ont fourni les découvertes les plus intéressantes.

Contact :

Laboratoire Chrono-environnement
Université de Franche-Comté / CNRS
Morana Čaušević-Bully
Tél. +33 (0)3 84 41 03 47
morana.causevic-bully@univ-fcomte.fr

FORMATION

LA PHYSIOTHÉRAPIE FAIT SA RENTRÉE À LA HE-ARC

La Haute Ecole Arc ouvrira son dixième bachelor en septembre prochain. La physiothérapie, ou kinésithérapie dans sa version française, vient ainsi enrichir le programme de formation du domaine Santé de l'école, jusqu'alors essentiellement axé sur les soins infirmiers. « Cette formation correspond à une vraie attente des étudiants, qui font preuve d'une belle motivation, rapporte Maxim Guinchard, responsable de la nouvelle filière. Les demandes ont été nombreuses pour cette première rentrée, mais l'accès au bachelor est régulé et les vingt-cinq places disponibles ont été attribuées après examen de sélection ». En Suisse romande, seulement trois sites proposaient cette formation, à Genève, à Lausanne et en Valais. L'ouverture du bachelor à Delémont complète l'offre sur le secteur de l'Arc jurassien suisse, s'étendant le long de la frontière du Jura au canton de Vaud. Elle répond aussi aux attentes des institutions de santé, dont les besoins ont été estimés et validés par une enquête de terrain. Le bachelor donne de façon classique le droit d'exercer la profession de physiothérapeute en milieu hospitalier, dans un cabinet en libéral, dans une structure de rééducation, un *home* pour personnes âgées, ou encore en milieu sportif. La recherche scientifique et la pratique fondée sur les preuves font partie intégrante de son programme en trois ans, donnant notamment aux étudiants des clés pour une poursuite d'études éventuelle en master puis en doctorat. Le cursus est bien sûr aussi orienté vers le terrain, incluant des périodes de formation dans des institutions

professionnelles et prévoyant la dispense d'enseignements par des praticiens.

Maxim Guinchard est lui-même physiothérapeute de métier, spécialiste des problématiques musculo-squelettiques et du domaine du sport ; il souligne l'importance de mêler enseignement théorique, pratique clinique et recherche : « Le montage de projets de recherche collaborative, favorisant les synergies entre des professionnels de santé d'horizons différents et impliquant les étudiants autour d'une problématique clinique commune, constitue par exemple un atout pour une formation que l'on souhaite ouverte et complète ».



Photo Kiran auf der Heide - Unsplash

Contact :

Haute Ecole Arc Santé
Maxim Guinchard
Tél. +41 (0)32 930 12 68
maxim.guinchard@he-arc.ch

ÉVOLUTION DE CURSUS

GRADE DE LICENCE POUR LES FORMATIONS AUX MÉTIERS D'ART ET AU DESIGN

Représentant quelque 320 formations et 15 000 étudiants dans tout l'Hexagone, le diplôme national des métiers d'art et du design (DN MADE) regroupe les anciens Diplôme des métiers d'art (DMA) et BTS design.

À la suite d'un décret publié en 2018, l'adoption du format universitaire et le passage à un cursus en trois ans permettent à ces formations d'accéder au grade de licence et de s'inscrire pleinement dans le système LMD (licence - master - doctorat), pour une plus grande visibilité et une reconnaissance accrue à l'échelle européenne.

CONVENTION AVEC L'UNIVERSITÉ

La convention signée avec l'université prévoit l'accompagnement des établissements concernés dans la mise en place du fonctionnement par semestre, du système de crédits ECTS, d'un conseil de perfectionnement des diplômes..., autant de points caractéristiques des formations universitaires. Les maquettes pédagogiques du DN MADE sont découpées en trois grands volets : les enseignements génériques de type cultures et humanités, les cours

en Franche-Comté, dans quatre des quatorze mentions agréées au niveau national. À titre d'exemples, on peut citer Régie lumière du spectacle vivant (Lycée Pasteur à Besançon), Luxe et innovation en horlogerie (Lycée Edgar Faure à Morteau), Concept, mobilier et pièces d'exception (Lycée Vernotte à Moirans-en Montagne), Costume de scène, dramaturgie et mobilité européenne (Lycée Pasteur - Mont Roland à Dole), ou encore Graphisme plurimédias (Lycée Jules Haag à Besançon). Aménagements

administratifs et compléments d'enseignement, avec notamment de nouveaux cours dispensés par des universitaires, c'est à terme la culture liée à ces formations qui est amenée à évoluer. « Des séminaires et un cycle de visioconférences sont programmés tout au long de l'année pour faire découvrir l'université et le monde de la recherche aux étudiants », indique Vincent Peseux, dont le travail est mené en collaboration avec

Noël Fressencourt, inspecteur d'académie en design et métiers d'art dans les lycées de l'académie.



Photo Team Reiter - Shutterstock

« Les formations restent dispensées dans les établissements d'origine, mais se transforment pour prendre une coloration universitaire », explique Vincent Peseux, enseignant en STAPS et chargé de mission DN MADE à l'université de Franche-Comté.

transversaux comme les langues ou l'informatique, enfin les enseignements pratiques et professionnels. Les trois années du cursus sont organisées selon ce schéma, avec des contenus de volume variable d'une année à l'autre.

Neuf formations sanctionnées par le DN MADE sont proposées

Contact :
Université de Franche-Comté
Vincent Peseux
Tél. +33 (0)7 81 98 97 23
vincent.peseux@univ-fcomte.fr

CÉLÉBRATION UNESCO

UNE JOURNÉE SOUS INFLUENCE DU CHIFFRE 6

L'édition 2023 de la Journée internationale de la lumière prend à Besançon des couleurs particulières : dans le contexte d'anniversaire des 600 ans de l'université de Franche-Comté, cette année est aussi celle des 60 ans de la naissance d'un laboratoire de recherche bisontin en physique, dont les axes d'étude concernent exclusivement l'optique. L'occasion, pour inaugurer cette journée du 16 mai, d'un focus sur son histoire, dont voici quelques éléments...

Très vite après l'ouverture de la nouvelle Faculté des sciences de Besançon en 1845, une publication de Charles-Cléophas Person (1801-1884), le premier professeur à en occuper la chaire de physique, témoigne d'une curiosité pour les phénomènes optiques. Cet intérêt se confirme dès 1856 avec les études sur la diffraction de Jean-Antoine Quet (1810-1884) : c'est le début des recherches systématiques sur la lumière et ses applications à Besançon. En 1935, et malgré des installations encore précaires, l'éminent professeur Jean-Jacques Trillat (1899-1987) construit à Besançon le premier microscope électronique français ; en 1946, Pierre-Michel Duffieux (1891-1976), l'un des pionniers de l'optique moderne, publie un livre sur l'optique de Fourier qui fera référence et installe à Besançon la première structure de recherche entièrement dédiée au domaine, à laquelle il donnera une plus grande envergure en la faisant déménager des locaux exigus et vétustes du centre-ville au campus flambant neuf de la Bouloie. En 1963, le professeur Jean-Charles Viénot devient directeur du Laboratoire de physique générale et optique, dans une période marquée par l'invention du laser, qui allait révolutionner la science en même temps que la société par l'ampleur de ses

applications. La création de locaux adaptés à l'expérience et d'un centre de métrologie fournit un cadre favorable au développement de différentes activités de recherche, dont les excellents résultats valent une solide réputation internationale au laboratoire. Dès 1962, les chercheurs et ingénieurs bisontins étaient parmi les premiers à fabriquer et caractériser un laser dans une université française. C'est aussi à Besançon, dans les années suivantes, que sont démontrés les effets d'optique non linéaire, que la technologie de l'holographie est mise au point et donne lieu à la réalisation des plus grands hologrammes au monde, que le traitement optique de l'information prend son essor, ou encore que naissent des idées novatrices sur les analogies espace-temps dans l'optique. Au cours des années 1980 et 1990, la photonique apparaît comme une clé de développement de nouveaux thèmes technologiques ; en 2004, la création de l'Institut FEMTO-ST veut répondre à la nécessité de favoriser les collaborations autour de projets devenus multidisciplinaires. Le département Optique de l'Institut FEMTO-ST prend alors le relais du laboratoire d'origine, entre-temps rebaptisé Laboratoire d'optique Pierre-Michel Duffieux, en hommage à son fondateur. Toujours développées sur la base des concepts en lien avec l'optique de Fourier, les activités du département Optique se démultiplient ; en physique des lasers ultrarapides, nanophotonique, techniques



Juillet 1970. Une des premières conférences internationales sur l'holographie a lieu à l'université de Franche-Comté. Parmi les 400 participants, un futur prix Nobel, de futurs membres de l'Académie des sciences française et présidents des sociétés savantes d'optique américaine, française et européenne.

d'imagerie avancée par holographie, technologies quantiques, intelligence artificielle... elles donnent lieu à des résultats de premier plan, qui confortent la portée mondiale de la recherche bisontine en optique.

La matinée du 16 mai sera l'occasion de revenir sur cette histoire passionnante ; elle sera mise en relief par une intervention du professeur Jean Bulabois, président fondateur de la Société française d'optique en 1983, aujourd'hui à la retraite, et qui a longtemps contribué à forger le destin du laboratoire d'optique de Besançon. Le thème de la journée, « Illuminer la communication scientifique », sera pleinement développé l'après-midi en donnant une large place aux aspects de communication et de médiation autour des sciences.

Contacts :
 Université de Franche-Comté
 John Dudley / Maxime Jacquot
 Tél. +33 (0)3 81 66 64 94 / 63 08 24 16
 john.dudley@univ-fcomte.fr
 maxime.jacquot@univ-fcomte.fr



Fort de ses avantages, l'hydrogène s'impose toujours un peu plus sur la route de la transition énergétique. Les recherches menées sur le sol comtois continuent d'explorer les aspects technologiques de la mise en œuvre de solutions hydrogène ; elles abordent aussi aujourd'hui la question de son exploitation comme ressource naturelle.

Photo NODPHARAT, 9889 - Shutterstock

COULEURS [DU FUTUR]

HYDROGÈNE VERT, HYDROGÈNE BLANC

Produire
l'hydrogène est
un enjeu dont
dépend toute la
filière. Recourir
à des méthodes
et matériaux de
moindre impact
écologique est
un *credo* pour les
chercheurs

Le secteur des transports est responsable de 30 % des émissions de gaz à effet de serre dans le monde. Pour limiter ces impacts délétères, l'hydrogène apparaît comme une solution séduisante sur laquelle se concentrent beaucoup d'efforts en termes de recherche et d'investissement. C'est qu'un moteur électrique alimenté par hydrogène ne produit qu'un peu d'eau... Cependant des verrous restent à lever pour que ce vecteur d'énergie puisse tenir ses promesses d'un point de vue environnemental. L'hydrogène est aujourd'hui essentiellement produit à partir d'énergies fossiles ; il est aussi possible de le fabriquer par électrolyse de l'eau, et de façon verte dès lors que l'électricité nécessaire au procédé est fournie par le soleil : c'est ce schéma que les spécialistes en énergie de l'Institut FEMTO-ST développent depuis des années, et qui est à la base de tous leurs travaux. Recourir à des matériaux de moindre impact écologique est également un objectif des chercheurs ; c'est le cas pour la fabrication des réservoirs ou encore des piles à

combustible (PAC) qui, intégrées à la chaîne de traction d'un véhicule, transforment l'hydrogène embarqué en électricité pour alimenter le moteur.

POUR DES PAC PLUS VERTES

Les piles à combustible disponibles sur le marché sont équipées de catalyseurs platine, dont les bonnes performances sont soumises à contrepartie : un coût prohibitif et une dépendance géostratégique, puisque ce métal noble provient pour 90 % d'Afrique du Sud et de Russie. Pour pallier ces inconvénients, chercheurs et ingénieurs ont mis au point une PAC fonctionnant sur un mode physicochimique différent, permettant de recourir au nickel comme catalyseur, en lieu et place du platine. Le physicien Bernard Gauthier-Manuel a exploité son expérience de recherche au département MN₂S de l'Institut FEMTO-ST pour mettre au point

cette innovation. En mars 2022, il a créé une *start-up* avec l'entrepreneur Jean-Patrick Corso, en vue de développer et de commercialiser le nouveau concept de PAC.

« C'est la fabrication de membranes anioniques à base de silicium poreux qui a ouvert la voie à cette innovation. Trois brevets ont été déposés, chacun correspondant à un format particulier de membrane et donc à des applications en rapport, par exemple la mobilité légère, pour équiper les vélos, les chariots élévateurs... Un développement est prévu pour les véhicules de moyenne puissance comme les voitures. » Ces membranes peuvent donc être associées à des catalyseurs nickel, dont les responsables de CLHYNN rappellent qu'il est « mille fois moins cher et dix mille fois plus abondant que le platine, et présent sur tous les continents. »

Un autre brevet concerne cette fois la question du stockage de l'hydrogène, ou plutôt de son non-stockage, puisqu'il veut valider la possibilité de produire de l'hydrogène à la demande, directement sur un véhicule, à partir de l'eau produite par la PAC. « En augmentant la surface spécifique du silicium hydrogéné, il devient possible, à température ambiante, d'obtenir de l'hydrogène en décomposant de l'eau. » Cette innovation pourrait permettre d'assurer la disponibilité de l'hydrogène dans des milieux contraignants ou isolés, n'autorisant pas de recharge par des moyens classiques.

L'HYDROGÈNE BLANC, PRODUIT DE LA TERRE

Produire de l'hydrogène est un enjeu de base, dont dépend toute la filière... Et s'il était également possible d'en exploiter des gisements natifs ? L'hydrogène naturel, aussi appelé « hydrogène blanc », s'échappe continuellement du fond des océans ou de la surface des continents. Quelles sont les

conditions et les mécanismes de sa formation ? Quels chemins emprunte-t-il depuis les zones profondes de formation jusqu'à la surface de la terre ? Existe-t-il des endroits de stockage naturel de l'hydrogène au même titre que les gaz associés aux hydrocarbures ? Les géologues s'intéressent aujourd'hui de près à ces questions, comme au laboratoire Chrono-environnement où des chercheurs spécialistes du comportement des roches mettent leurs compétences au service de cette nouvelle problématique.

« Les objectifs sont de comprendre les mécanismes et conditions de production de l'hydrogène, de quantifier les flux et les ressources, enfin de déterminer, en partenariat avec des industriels, s'il est économiquement viable d'envisager son exploitation », commente Philippe Goncalves, qui partage aux côtés d'Hélène Celle la responsabilité des recherches menées à ce sujet à Chrono-environnement, dont l'équipe de géologues vient de se renforcer avec l'obtention d'une chaire de professeur junior¹ dédiée. Les chercheurs partent de l'hypothèse la plus admise d'une formation d'hydrogène par oxydation du fer contenu dans les roches au contact de l'eau. « Plus que la nature de la roche elle-même, il s'agit d'évaluer les conditions les plus favorables à la production naturelle d'hydrogène en quantifiant le rôle de la pression, de la température, de la chimie de la roche et des fluides. » La majorité des travaux de recherche s'étant focalisée ces dernières années sur la croûte océanique, qui constitue un réservoir important en fer, les géologues de Chrono-environnement orientent leurs recherches sur la croûte continentale, qui fournit régulièrement les symptômes du transfert de l'hydrogène depuis les profondeurs du sol, où il naît à quelque 300°C. En Europe de l'Est, en Russie, en Turquie, les émanations de gaz prennent l'allure de « chimères » ; au Mali, l'une d'elles procure de l'hydrogène quasi pur

¹ La chaire de professeur junior (CPJ) est un recrutement effectué sur un projet de recherche et d'enseignement, porté par un titulaire de doctorat ou de diplôme équivalent ; elle est financée par l'Agence nationale de la recherche (ANR). L'université de Franche-Comté s'est vue attribuer en mars dernier trois CPJ sur les quatre dossiers qu'elle a présentés au titre de l'année 2023.

et est exploitée depuis plusieurs années pour l'éclairage des villages à proximité ; au Canada, au Brésil, des « ronds de sorcière » marquent par une végétation appauvrie la présence du gaz. L'hydrogène blanc pourrait s'apparenter à une ressource renouvelable, à condition que son rythme d'extraction respecte sa vitesse de génération. « Peut-être existe-t-il des poches d'hydrogène dans les roches, s'interroge Philippe Goncalves. Mais comment stocker l'élément chimique le plus petit sans qu'il s'échappe ? » C'est l'une des nombreuses questions que pose ce domaine d'investigation encore neuf.

L'élaboration de « guides de prospection » est envisagée à partir d'un modèle géologique sur lequel les chercheurs de Chrono-environnement travaillent en collaboration avec la *start-up* 45.8 Energy. La société mosellane spécialisée dans la détection d'hélium et d'hydrogène naturels a obtenu un permis exclusif de recherches sur un secteur couvrant plus de 300 km² à l'ouest de Besançon : les investigations de terrain et les outils de simulation pourront ainsi nourrir ce modèle de leurs données et projections respectives.

Contacts :

Institut FEMTO-ST - Dpt MN2S
UFC / UTBM / SUPMICROTECH ENSMM / CNRS
Bernard Gauthier-Manuel
bgauthier@femto-st.fr

Laboratoire Chrono-environnement
Université de Franche-Comté - CNRS
Philippe Goncalves
Tél. +33 (0)3 81 66 64 37
philippe.goncalves@univ-fcomte.fr



Image Denis Avarenko - Pixabay

Cléopâtre ou César ont toujours servi les ambitions de la publicité, s'affichant sur le petit écran pour vanter les mérites de sodas, savons et autres produits de grande consommation. Comment la publicité TV utilise-t-elle les références à l'Antiquité ? C'est l'une des questions abordées dans une thèse d'histoire romaine développée à l'ISTA.

MÉDIA [PLANNING]

ANTIQUITÉ ET PUB TV

L'Antiquité reste une exception culturelle dans la publicité, avec cent trente spots recensés sur cinquante ans, quand des milliers sont produits chaque année

En 1983, la publicité télévisée *Terra*, de Johnson, plongeait César dans des préoccupations très... terre à terre, puisqu'il s'agissait de s'occuper de la beauté du sol de son palais pour mieux plaire à Cléopâtre. L'espièglerie de l'esclave Solcarlus interprété par Jean-Marie Proslir, pourtant menacé d'être jeté aux lions, donne toute sa saveur à la séquence.

Quarante ans plus tard, le spot humoristique figure toujours au panthéon de la pub des années 1980.

En 1986, la non moins fameuse publicité pour *Cleopatra*, utilisant la sensualité pour ressort, estimait que « ce nouveau savon pourrait bien faire changer la face du monde ».

Plus récemment, en 2015, les spots

Invictus de Paco Rabanne ou *Eros* de Versace évoquaient la mythologie grecque pour sublimer

l'image de ces parfums grâce à des mannequins-éphèbes tout-puissants.

Les personnages iconiques, les divinités de l'Olympe, l'armée, les jeux du cirque et les esclaves de l'empire romain, les pyramides et les momies d'Égypte sont autant d'images de l'Antiquité tournées en dérision ou à l'inverse magnifiées, auxquelles la pub a recours pour séduire et vendre. Dans la thèse en histoire romaine qu'elle prépare à l'Institut des sciences et techniques de l'Antiquité (ISTA) à l'université de Franche-Comté, Claire Mercier étudie comment la publicité a décliné les références à l'Antiquité sur le petit écran entre 1968 et 2018. Le corpus, pourtant estimé assez complet, se limite à cent trente spots seulement sur la période, une exception culturelle pour une industrie produisant des milliers de nouvelles pubs TV chaque année ! « Il est facile de jouer avec l'Antiquité, qui ouvre à de nombreuses possibilités de création, mais en même temps cela suppose des costumes, des décors, une mise

TRAIT D'UNION ENTRE HISTOIRE ET MARKETING

Un DEA en histoire romaine ne lui ayant pas ouvert les portes voulues, Claire Mercier s'oriente vers un tout autre domaine à la fin de ses études : après quelques années dans le marketing, elle crée sa société de *merchandising*, optimisant pour les entreprises l'implantation de leurs produits en grande distribution, à partir de logiciels dédiés.

Mais sa prédilection pour l'Antiquité reste intacte. En 2018, près de vingt ans après l'obtention de son diplôme, elle décide de reprendre ses études. À l'ISTA, Antonio Gonzales accepte et dirige dès lors ses travaux. *La réception de l'Antiquité par la publicité télévisuelle de 1968 à 2018 : entre réalité historique, stratégie marketing et mythologie contemporaine* devient son sujet de recherche, et tend un lien habile et original entre sa passion de toujours et son activité commerciale, qu'elle continue de mener en parallèle.

Ce n'est pas tant la vérité historique que traque la chercheuse à travers la publicité sur petit écran, mais bien les représentations de l'Antiquité qu'elle donne à voir. Savons, sodas, produits ménagers, chocolats, transports de colis, crédit, voitures, parfums..., des produits de toutes catégories se prêtent à un enrobage antique. « La publicité, comme la culture populaire de manière générale, fait d'autant plus notre éducation historique que celle-ci s'absente des maquettes d'enseignement. Identifier ce qu'elle véhicule constitue une base de connaissances importante pour pouvoir aller vers le grand public et le faire revenir à l'histoire, sachant l'attrait qu'exerce sur lui la période de l'Antiquité. » Un rôle sociétal que Claire Mercier met d'ores et déjà en pratique avec la signature d'un contrat avec le MuséoParc Alésia, et la prévision de cours sur le sujet.

en scène souvent onéreuse », explique Claire Mercier.

La rareté a pour elle de marquer les esprits. Malheureusement, les messages ont recours à des clichés dangereusement réducteurs. La publicité n'a certes pas vocation à éduquer les foules, mais elle contribue ici carrément à entretenir une étroitesse de vue dans un contexte d'appauvrissement des connaissances.

DES RÉFÉRENCES DE PLUS EN PLUS BASIQUES

Pour Claire Mercier, « si la publicité à la télévision utilise l'Antiquité depuis toujours, son évolution sur cinquante ans montre que les références historiques se font de plus en plus basiques ». Au début des années 1970, lorsque Coluche délaissait sa lyre pour manger une glace devant un bâtiment antique en flammes, dans un spot très court scandé par le slogan « Il fait chaud, mangez Danino », on comprenait sans que rien ne l'explique l'allusion

au grand incendie de Rome sous le règne de Néron. « Aujourd'hui, les références ne sont plus aussi évidentes, car on apprend moins l'histoire antique à l'école, et le latin et le grec ne sont plus autant enseignés. Pour être comprise, la publicité utilise le plus petit dénominateur commun culturel ». Les Romains en sont ainsi réduits à leur appétence pour la guerre et les orgies, et leurs talents de bâtisseurs par exemple sont passés sous silence ; les Grecs sont assimilés à leurs dieux, à leur esthétique physique et à leur puissance : oubliés la philosophie et les fondements de la république de la Grèce antique. Seule une publicité produite dans les années 1990 pour un tapis d'éveil évoquait ce passé prestigieux ; elle mettait en scène un bébé portant le nom de Socrate...

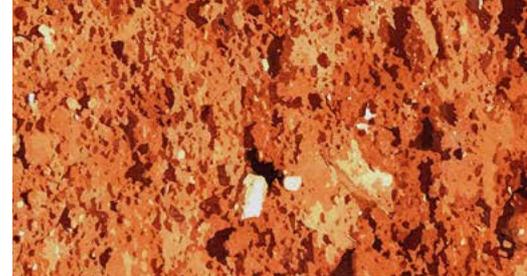
« La publicité est un miroir incroyable de l'évolution de la société ; elle mérite à ce titre d'être considérée comme un patrimoine, que peuvent mettre à profit autant la recherche universitaire que la stratégie entrepreneuriale », souligne Claire Mercier.

« Pour être comprise, la publicité utilise le plus petit dénominateur commun culturel »

Contact :
Institut des sciences et techniques de
l'Antiquité – ISTA
Université de Franche-Comté
Claire Mercier
Tél. +33 (0)6 98 02 26 76
claire.mercier@univ-fcomte.fr



Garants du développement d'une agriculture intensive pendant plusieurs décennies, les produits phytosanitaires et les fertilisants de synthèse sont aujourd'hui sur le banc des accusés pour dommages causés à l'environnement et atteintes à la santé des êtres vivants. Les scientifiques mettent en avant d'autres solutions efficaces et profitables faisant appel aux caractéristiques naturelles des végétaux, animaux et micro-organismes, pour nourrir l'humanité sans poison.



GRAND FORMAT [AGRICULTURE, PARTIE 1]

RENOUER AVEC LA NATURE

REGARDER L'ARBRE DU VIVANT

« On fonde
l'autorisation
d'utilisation des
pesticides sur
des données
très lacunaires »

Dans la grande famille des produits phytosanitaires, les insecticides et fongicides protègent les cultures des insectes ravageurs, des vers parasites et des champignons nuisibles, et les herbicides les débarrassent de leurs adventices, ces « mauvaises herbes » qui poussent en même temps que les plantes d'intérêt. Ces pesticides sont au fil des années devenus indissociables de l'agriculture intensive. Leur emploi, et qui plus est leur emploi souvent trop massif, et leur toxicité croissante, sont responsables de dégradations de l'environnement et d'atteintes à la santé humaine aujourd'hui avérées, que nul ne peut plus ignorer. Une des causes de cette situation est leur trop grande facilité d'homologation. Directeur du laboratoire de biodiversité du sol de l'université de Neuchâtel, Edward Mitchell prévient : « On fonde l'autorisation d'utilisation des pesticides sur des données très lacunaires ; il suffit de regarder l'arbre du vivant pour s'apercevoir que l'impact des produits phytosanitaires n'est que peu étudié sur la très grande majorité des organismes qui le composent. » Et notamment sur les micro-organismes du sol, dont les millions d'espèces sont essentielles au bon fonctionnement des écosystèmes et sont garantes de la fertilité naturelle des sols, dont nous dépendons presque entièrement pour nous nourrir.

Parmi eux, les amibes sont un des principaux objets d'étude pour Edward Mitchell et son équipe : « Les tests d'impact des produits phytosanitaires sur les amibes montrent des degrés de sensibilité inquiétants, notamment aux fongicides », indique-t-il à titre d'exemple.

ATTENTION AUX NÉONICOTINOÏDES... ET À LEURS SUBSTITUTS

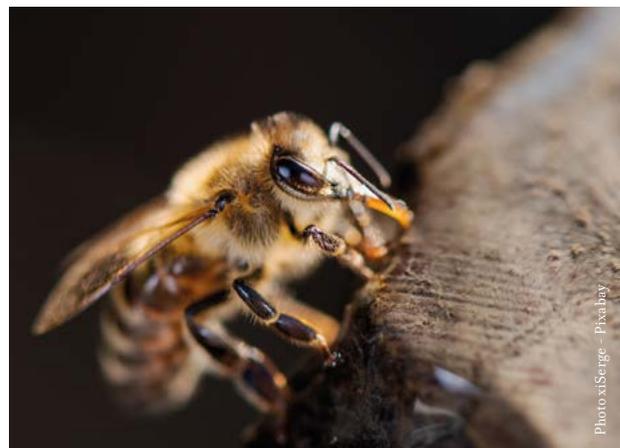
Les auteurs
du rapport
européen
considèrent
les substances
préconisées
pour
remplacer les
néonicotinoïdes
comme des
« substitutions
malheureuses »

Edward Mitchell a apporté son expertise à la rédaction d'un rapport commandité par l'Europe et confié à l'EASAC¹, un conseil scientifique consultatif indépendant. Rendu public fin février, ce rapport intitulé *Les néonicotinoïdes et leurs substituts dans la lutte antiparasitaire durable* actualise les bilans et livre de nouvelles données pour l'avenir.

Les néonicotinoïdes ont beaucoup fait parler d'eux ces dernières années, en raison de leurs effets mortifères sur des insectes bénéfiques et notamment des pollinisateurs comme les abeilles. Mis sur le marché depuis une trentaine d'années, ce sont les insecticides les plus utilisés au monde. Cependant, trois des principaux néonicotinoïdes, sur les cinq premiers mis sur le marché, sont définitivement interdits depuis 2018 pour l'utilisation en plein champ, sauf autorisation spéciale, et un quatrième entièrement interdit au sein de l'Union européenne. Si les experts se réjouissent des mesures prises par l'Europe, dont ils confirment l'intérêt avec ce rapport, ils mettent en garde contre les dérogations régulièrement accordées par les États pour lever ces interdictions, ce qui pour eux constitue une solution de facilité et une perte de temps pour trouver d'autres réponses. Ainsi dans onze États membres de l'Union, et notamment en France, l'usage des néonicotinoïdes a été autorisé ces trois dernières années pour le traitement des cultures de betteraves à sucre, attaquées par des pucerons ravageurs. La controverse a cependant été stoppée par un arrêt européen datant de ce début d'année 2023, quasi simultanément à la parution du rapport : il interdit aux États membres toute dérogation sur l'emploi des néonicotinoïdes, les empêchant ainsi de contourner la loi européenne.

Les experts font par ailleurs le procès des substances proposées pour remplacer les néonicotinoïdes : de nouvelles molécules apparaissent, donnant naissance à des pesticides portant d'autres noms, comme le *sulfoxaflor* ou le *flupyradifurone*. La mise sur le marché de ces produits phytosanitaires de dernière génération tiendrait plutôt d'une histoire de vocabulaire que d'un réel changement. Les auteurs du rapport considèrent ces nouvelles substances comme des « substitutions malheureuses » : « Si les molécules ne sont pas les mêmes, le mode d'action est identique ; il affecte le système nerveux central des insectes, et c'est précisément ce mode d'action qui les met en danger. Il faudra de nouveau en établir la preuve, et cela demandera à nouveau du temps ».

Une expertise scientifique collective (ESCO) menée en France à propos des impacts des produits phytosanitaires sur la biodiversité, et à laquelle ont participé Clémentine Fritsch et Michaël Coeurdassier, du laboratoire Chrono-environnement, fait écho à ces préoccupations. Le rapport rendu public en mai 2022 souligne



¹ Le Conseil consultatif scientifique des académies européennes (EASAC) est un conseil indépendant chargé d'élaborer des recommandations pour guider la prise de décision politique de l'Union européenne en faveur de la société, sur des questions concernant l'environnement, l'énergie ou encore les biosciences. Il rassemble des chercheurs des académies nationales des sciences des États membres de l'Union, de la Norvège, de la Suisse et du Royaume-Uni.

les conclusions d'études récentes, montrant par exemple que ces nouvelles molécules ont déjà été retrouvées dans la faune, et que les insecticides dits « biologiques », à base de toxines de Bti, amènent à mettre en danger les populations d'oiseaux par manque de ressources alimentaires, selon les mêmes processus écologiques que pour les néonicotinoïdes.

Le rapport européen insiste lui aussi sur les bilans : « Sept échantillons de miel sur dix contiennent des traces d'au-moins un pesticide toxique pour les abeilles ; au cours des deux dernières décennies, la charge toxique pour tous les insectes a augmenté de plusieurs ordres de grandeur. Et l'augmentation perdure de la contamination des sols, des cours d'eau et même des estuaires et des mers côtières ». Les experts soutiennent la piste de la lutte antiparasitaire intégrée pour tendre vers une agriculture durable, qui privilégie l'emploi d'armes naturelles telles que les bactéries ou les champignons en lieu et place des pesticides chimiques, qui ne seraient utilisés qu'en dernier recours, ce qui est loin d'être le cas actuellement.

LA SANTÉ HUMAINE IMPACTÉE

Les néonicotinoïdes ont aussi un impact sur la santé humaine. L'équipe d'Edward Mitchell a contribué à une étude portant sur des échantillons de liquide céphalorachidien prélevé dans la moelle épinière d'enfants atteints de leucémie ; de tels prélèvements sont effectués dans le cadre d'un protocole médical, en vue de l'administration de traitements curatifs. L'analyse n'avait pas pour but d'établir un lien éventuel avec la pathologie dont souffrent ces enfants, mais

de déterminer la présence ou l'absence des pesticides dans le liquide céphalorachidien qui entoure le cerveau humain ; elle a permis d'établir la preuve que les néonicotinoïdes sont capables de passer la barrière hémato-encéphalique : des substances appartenant à cette famille d'insecticides ont été détectées dans le liquide céphalorachidien de tous les enfants testés.

« La présence de ces substances dans le cerveau pourrait avoir une incidence sur le

développement du système nerveux, avec des répercussions telles que, entre autres, des troubles du comportement, rapporte Edward Mitchell, qui insiste sur la nécessité d'investir davantage dans la recherche pour mesurer les effets de la présence de néonicotinoïdes dans l'organisme, dont on sait qu'ils traversent également la barrière placentaire, mais aussi et avant tout d'appliquer le principe de précaution face à ce risque à présent clairement avéré...

CE QUI SE CACHE DANS LES POILS DES ANIMAUX

Clémentine Fritsch mesure quant à elle l'exposition des petits animaux sauvages aux produits phytosanitaires. Écotoxicologue au laboratoire Chrono-environnement, la chercheuse vient de recevoir une prestigieuse médaille de bronze du CNRS pour les recherches originales et fructueuses qu'elle mène depuis plusieurs années sur ce volet particulier de l'impact environnemental des pesticides (voir en page 3).

Des projets successifs la mènent sur les lieux de vie des mulots, des musaraignes, des campagnols, des carabes, ces coléoptères prédateurs de nombreux ravageurs dans les cultures, et bien sûr des vers de terre. « Un objectif majeur de mes travaux est de déterminer l'influence des caractéristiques paysagères sur le transfert et l'impact des pesticides en milieu agricole. Elles concernent les cultures conventionnelles et bio, les prairies et les haies. »

En premier lieu, l'analyse des sols situe les contextes et pose les bases des futures comparaisons d'exposition. Dans les projets PEPSAN et MIXTOX, pas moins d'un millier de molécules entrant dans la



composition de pesticides ont été passées au crible en laboratoire, pour déterminer quelles sont celles présentes dans les échantillons de sols : ce *screening* « sans *a priori* » a permis de détecter les molécules présentes dans l'environnement, au sein des paysages et sur les animaux concernés, soit plus d'une cinquantaine : herbicides, fongicides et insecticides historiques et actuels... À partir de là, les données s'accumulent et se croisent, et les constats parlent d'eux-mêmes... Dans

le projet RESCAPE, les résultats montrent que les seuils toxiques pour les vers de terre sont dépassés pour 4 molécules détectées dans les sols, et ce dans près de la moitié des prélèvements ! Ces mêmes molécules sont aussi retrouvées dans les poils des petits mammifères, chez lesquels on dénombre par ailleurs 112 composés différents détectés, avec 32 à 65 molécules chez chaque individu ; à l'intérieur de ce schéma, chez plus de 75 % des petits mammifères, on retrouve 13 molécules correspondant à des pesticides supprimés de longue date, comme le DDT, interdit en France depuis 1971. Certains individus présentent même jusqu'à 26 de ces molécules d'un autre temps... Le *fipronil*, interdit en 2005 sauf pour les usages vétérinaires, est présent chez tous les animaux. « On suppose une exposition par le biais de la chaîne alimentaire, par ingestion de terre, par inhalation d'air, et lors

du toilettage... » 18 à 41 résidus de pesticides actuellement autorisés ont été détectés dans les poils des petits mammifères ; 25 sont retrouvés chez plus de 75 % des individus. « La contamination ne diffère pas significativement, selon que ces animaux ont été capturés dans des parcelles cultivées de façon conventionnelle ou en agriculture biologique. Ces animaux ont besoin d'espace et se déplacent : les parcelles bio ne sont pas suffisamment nombreuses ou étendues pour empêcher l'exposition », explique Clémentine Fritsch. En revanche, la contamination des vers de terre, à qui quelques mètres suffisent pour vivre, est, elle, supérieure dans les parcelles en agriculture conventionnelle, mais les vers d'habitats non traités ne sont pas tous exempts de résidus.

Ces situations complexes témoignent d'une contamination généralisée des sols et des organismes vivants dans les paysages agricoles. Des analyses menées en laboratoire montrent cependant que « les animaux se portent moins bien dans les sols conventionnels, avec une mortalité plus forte, une croissance ou une reproduction plus faibles. Les pratiques conventionnelles peuvent poser des risques pour la biodiversité et menacer la fonctionnalité des sols, probablement en raison des « effets cocktails » additifs ou synergiques des mélanges de pesticides ».

Un mot sur le glyphosate, mis sur le marché dans les années 1970, interdit pour les particuliers mais toujours utilisé pour l'agriculture en France. La concentration la plus élevée de cet herbicide dans les 120 sols étudiés dans le projet PING est 10 fois inférieure aux niveaux maximum attendus ; mais il est présent dans 88 % d'entre eux, qu'il s'agisse de cultures conventionnelles ou biologiques, de prairies ou de haies. « On trouve du glyphosate à faibles doses, mais on en trouve partout ! La question est de savoir ce que cette exposition chronique peut produire comme impacts. » Le glyphosate est un produit censé ne pas s'accumuler dans la chaîne alimentaire. Or les vers de terre présentent



Photo Clémentine Fritsch

Chez plus de 75 % des petits mammifères, on retrouve 13 molécules correspondant à des pesticides supprimés de longue date, comme le DDT, interdit en France depuis 1971

Malgré toute la subtilité des processus à l'œuvre, les chercheurs savent aujourd'hui, détecter, comme les sauveurs naturels des plantes, lesquelles sont en danger et quel nuisible est responsable de l'attaque



Évaluation de l'atteinte de plants de maïs en Afrique. Photo Ted Turlings - UniNE

² Les métabolites sont des molécules nées de la dégradation d'une molécule mère par la lumière, les micro-organismes ou le métabolisme des animaux, et qui sont parfois plus toxiques qu'elle.

des concentrations jusqu'à 15 fois supérieures à celles relevées dans le sol (jusqu'à 67 fois pour l'AMPA, son principal métabolite²). Du côté des animaux à poils, 64 % des petits mammifères ont du glyphosate dans leurs poils et 51 % de l'AMPA. Des résidus sont détectés chez les 5 espèces étudiées, qu'elles soient herbivores comme les campagnols, omnivores comme les mulots, ou carnivores comme les musaraignes.

PLANTES ET SELF-DÉFENSE

On ignore souvent que les plantes opposent leurs propres mécanismes de défense à leurs agresseurs. La riposte demande parfois à être complétée par les produits phytosanitaires, tant les attaques peuvent être féroces ; elle peut aussi être naturellement aidée, comme le montrent des recherches menées depuis de nombreuses années à l'université de Neuchâtel par des spécialistes en écologie, biologie et génétique.

Les plantes savent appeler à la rescousse des insectes ou des vers, grâce à des signaux odorants qu'elles émettent à leur intention ; prouesse supplémentaire, ces substances volatiles diffèrent selon l'identité des nuisibles qui les attaquent. Le biologiste Ted Turlings est spécialiste de ces interactions entre les plantes et leurs ravageurs et sauveurs. Directeur du centre de compétences en écologie chimique de l'université de Neuchâtel, il a largement été impliqué dans le pôle de recherche suisse Survie des plantes (2001-2013) ; ses travaux sont depuis 2018 essentiellement développés dans le projet Agriscents, qui bénéficie d'une bourse ERC (*European Research Council*) d'un montant de 2,5 millions d'euros. Grâce à des capteurs d'odeurs et à des méthodes statistiques adaptées, et malgré toute la subtilité des processus à l'œuvre, le chercheur et son équipe savent aujourd'hui, eux aussi, détecter quelles plantes sont en danger et identifier le nuisible responsable de l'attaque. À partir de cette alerte interceptée très tôt, ils

mobilisent en masse des nématodes, des vers ronds et effilés dont pas moins de 3 000 espèces sont actuellement décrites dans le monde, pour agir. « Les nématodes sont des généralistes, ils peuvent s'attaquer à différents ravageurs. Mais il est préférable de sélectionner celui qui aura la plus grande efficacité sur le ravageur que l'on veut cibler, et de choisir une espèce locale dans un pays donné. » Car si les expériences relaient les recherches de laboratoire dans des champs aux abords de l'université de Neuchâtel, elles le font aussi en Chine, aux États-Unis, au Mexique, au Vietnam... partout où les insectes nuisibles sont synonymes de catastrophes pour les cultures.

Spodoptera frugiperda, la chenille légionnaire d'automne, est particulièrement visée par le programme Agriscents. Cette espèce envahissante est capable de s'attaquer au maïs, au riz, au sorgho, au millet, à la canne à sucre, au coton, aux cultures maraîchères... au total à plus de cent espèces de plantes. Originaires d'Amérique centrale, elle a migré en 2016 en Afrique et est attendue en Europe dans les années à venir. Des expériences ont été menées avec succès pour minimiser son impact sur les cultures de maïs en Afrique. Les capteurs d'odeurs ont été

testés dans les champs, où les signaux envoyés par la plante sont, grâce à ce système, et pour l'instant selon une théorie vérifiée, rendus détectables par les agriculteurs. Parallèlement, le nématode identifié par les chercheurs pour ce territoire est capable de tuer l'insecte ravageur, et lui seulement, en deux jours. Le traitement consiste à injecter un gel biodégradable porteur du nématode au cœur de la plante, là où le ravageur prend ses repas...

« C'est une méthode manuelle, mais c'est aussi à la main que les chenilles sont retirées une à une des plants de maïs dans ces cultures familiales, une opération qui demande plus de temps encore. Pour les cultures intensives comme celles que nous connaissons, il reste à développer des techniques adaptées, qui seront sans doute basées sur l'intervention de robots ». Les avancées sont telles qu'elles permettent à Ted Turlings de dire qu'il arrive aujourd'hui au but recherché. « Nous avons désormais la preuve de la fiabilité du procédé et de sa viabilité économique. Et nous sommes convaincus que les nématodes remplaceront un jour les pesticides, car ils savent faire aussi bien qu'eux. »



Injection d'un gel biodégradable porteur du nématode au cœur de la plante.
Photo Ted Turlings - UniNE

BRAS DE FER ENTRE LE BLÉ ET LE CHAMPIGNON

Un autre fléau menace l'agriculture vivrière : la septoriose, qui infecte le blé sur tous les continents, infligeant des pertes aux récoltes parfois jusqu'à 40 %. La septoriose est provoquée par un champignon, *Zyloseptoria tritici*, qui accompagne le blé dans son évolution depuis toujours. Le champignon est apparu avec les premières cultures de blé au Moyen-Orient il y a dix mille ans, et a suivi la céréale au fur et à mesure de sa diffusion à travers le monde. Si le blé a toujours su se défendre contre le champignon, aujourd'hui le champignon se montre plus fort que lui. En cause : la génétique. Le génome de *Zyloseptoria tritici* varie facilement, ce qui augmente ses capacités d'adaptation à un environnement changeant, une faculté que le blé ne possède pas. Au cours de son évolution récente, le champignon a perdu un gène que le blé savait identifier : il pouvait mobiliser ses défenses immunitaires contre lui, en cas d'attaque. Aujourd'hui le blé est démuné, le champignon gagne en puissance et la septoriose ravage de plus en plus de cultures.

Directeur du laboratoire de génétique évolutive de l'université de Neuchâtel, Daniel Croll est le chercheur qui a su décrypter ce phénomène. La découverte du mécanisme en cause et l'identification du gène manquant chez le champignon donnent de nouvelles perspectives pour l'avenir : trouver un autre gène qui pourra être détecté par l'un des récepteurs du blé et prédire son espérance de vie dans le génome du champignon, pour sélectionner préventivement les espèces de blé les plus résistantes. « Nous avons rassemblé un vaste panel génomique, représenté par plus de mille échantillons du champignon, en provenance de différentes régions du monde : du croissant fertile au Moyen-Orient où le blé à ses origines, d'Europe et d'Afrique du Nord où il a été introduit au cours des derniers millénaires, et d'Amérique et d'Océanie, où sa culture s'est répandue pendant les derniers siècles. Nos travaux montrent comment de vastes panels génomiques de population permettent de mieux comprendre la trajectoire évolutive d'un pathogène majeur des cultures. »

Une autre recherche concerne un pathogène du riz qui a ensuite gagné le blé, à qui il transmet de la même façon la pyriculariose, une maladie qui s'est développée très rapidement en Inde et au Bangladesh. « Le gouvernement bengali a ordonné de brûler les champs, mais le pathogène a survécu, raconte Daniel Croll. Quand un pathogène est présent partout et qu'il a acquis de la résistance, la quarantaine et le mélange des cultures, pour rendre plus difficile sa diffusion, sont à peu près les seules réponses à lui opposer ». Travailler sur les origines et la diffusion mondiale d'un pathogène donne des indications fondamentales pour trouver d'autres parades, par le biais de la génétique.

L'identification
des processus
génétiques
liant le blé et le
champignon
ravageur donnent
de nouvelles
perspectives pour
l'avenir

Favoriser la prédation des campagnols par des rapaces et des mammifères carnivores pourrait aider à maîtriser la pullulation des campagnols

PULLULATIONS DE RONGEURS ET RÉGULATION NATURELLE

L'érosion est le danger qui pèse le plus lourd sur les sols agricoles. Les labours répétés sont responsables d'une perte de leur matière organique, et de façon globale d'un dérèglement de tout leur écosystème. L'agriculture de conservation des sols renoue avec une manière raisonnée d'exploiter la terre. Au nombre de ses principes figurent la réduction de la fréquence, voire la suppression des labours, et la mise en place d'intercultures pour nourrir le sol de manière naturelle ; le trèfle notamment permet de fixer l'azote présent dans l'atmosphère : lorsqu'il dépérit, l'azote qu'il a emmagasiné se diffuse dans le sol, un processus aidé par le travail des vers de terre. Le fonctionnement écologique des sols se rétablit. Mais comme rien n'est jamais entièrement bon ou mauvais, il faut reconnaître à l'usage du labour intensif un intérêt : la destruction des colonies de campagnols des champs, dont les pullulations, qui peuvent atteindre des milliers d'individus par hectare, sont dévastatrices pour les récoltes. L'explosion numérique des colonies obéirait à des cycles de 3 ou 4 ans, selon des observations réalisées sur le terrain en Allemagne et en Espagne. Actuellement, ce sont des pesticides comme le phosphore de zinc qui tentent de venir à bout des pullulations de rongeurs. Pour réussir à contrôler les populations de campagnols en recourant le moins possible à ce pesticide dont le risque est avéré pour la faune non cible, des chercheurs de Chrono-environnement étudient le modèle de fonctionnement responsable des pics de pullulations

des rongeurs pour proposer des méthodes durables aux agriculteurs : des solutions complémentaires, regroupées dans une sorte de boîte à outils dans laquelle piocher en fonction des problématiques et des contextes. La démarche fait écho aux préoccupations du programme ÉcoPhyto, qui affiche l'ambition de réduire drastiquement les quantités de pesticides utilisées en France. Si cette consommation a malheureusement du mal à fléchir, une initiative telle que celle des chercheurs de Chrono-environnement démontre la pertinence de propositions fondées sur des ressorts naturels et l'utilisation raisonnée des pesticides : les méthodes développées par l'équipe se sont traduites, dans le département du Doubs, par une réduction de 80 % de l'emploi de la bromadiolone, un rodenticide désormais interdit en France.

Parmi les solutions étudiées pour constituer cette fameuse boîte à outils, favoriser la prédation des campagnols par des rapaces et des mammifères carnivores, comme le renard ou le chat forestier, est au cœur du projet DURBAN³, placé sous la responsabilité de Michaël Coeurdassier, écotoxicologue à Chrono-environnement.

« Des travaux antérieurs ont montré que les campagnols vivent en priorité dans les bandes enherbées qui bordent les cultures, avant de coloniser celles-ci en cas de pics de population. Intervenir dans ces endroits, quand les populations sont faibles, pourrait permettre de maîtriser leur prolifération et limiter l'envahissement des cultures. » C'est aussi agir sur une zone ne représentant pas plus de 5 % des surfaces agricoles, un atout indéniable pour faciliter la mise en œuvre d'un dispositif innovant. L'installation de perchoirs attire les rapaces là où la présence des campagnols est manifeste ; la fauche régulière des bandes enherbées les aide à repérer leurs proies ; la création de nichoirs pour les chouettes effraies et les faucons crécerelles favorise leur reproduction. Le comptage des campagnols dans les bandes enherbées, le suivi de la



Photo: Janos Percnyi

³ Financé par l'Office français de la biodiversité, le projet DURBAN (2021-2023) implique le laboratoire Chrono-Environnement, la FREDON Bourgogne - Franche-Comté, la LPO Bourgogne - Franche-Comté, la fédération des chasseurs du Jura et la Chambre d'Agriculture du Jura.

LES EAUX USÉES TRAITÉES, UNE PROPOSITION POUR IRRIGUER LES CULTURES

Maïs, colza, soja... ces cultures peu adaptées à notre climat sont gourmandes en eau, dont parallèlement le réchauffement climatique et la récurrence des sécheresses accentuent le manque. Aujourd'hui, le secteur agricole représente plus de 50 % de la consommation d'eau en France. Pour faire face à la situation préoccupante de la pénurie en eau qui gagne ses latitudes, l'Union européenne autorise désormais l'emploi des eaux usées traitées pour l'irrigation des cultures destinées à l'homme et à l'alimentation du bétail. En France, une réflexion est en cours pour assurer la transposition du droit européen dans la loi nationale. L'eau récupérée en sortie des stations

d'épuration devrait être stockée puis acheminée au moment et à l'endroit voulus, ce qui suppose toute une filière à mettre en place. « Du point de vue de la sécurité sanitaire de l'eau, on maîtrise relativement bien les aspects tenant à la microbiologie, mais beaucoup moins les risques chimiques, souligne Pierre-Marie Badot, écotoxicologue à Chrono-environnement. Certains résidus médicamenteux, biocides et de nombreuses substances listées comme dangereuses prioritaires, comme les PFAS, sont solubles dans l'eau et susceptibles de rester présents dans les eaux usées traitées. Il faudra être très vigilants, aussi bien pour la fixation des valeurs de référence des substances

chimiques autorisées que pour les utilisations que nous ferons de l'eau ». Le chercheur estime que deux voies de régulation sont possibles : « Le risque chimique ne peut être géré que par la limitation des usages de l'eau ou par des traitements supplémentaires en station. Cette seconde option, techniquement possible mais très coûteuse, entraînerait une augmentation notable du prix de l'eau. » La première solution signifie une baisse de la consommation, non seulement de la part des particuliers, mais aussi de la filière agricole tout entière, impliquant de reconsidérer ses choix, entre impératifs économiques et environnementaux.

fréquentation des îlots par les prédateurs, la mise en place des nichoirs, le fauchage, le déplacement des perchoirs en fonction de l'abondance des rongeurs sont autant de tâches assurées à la fois par les chercheurs, les membres des associations et les agriculteurs investis dans le projet. Le suivi des composantes de l'ensemble de l'écosystème est inclus dans l'étude, c'est par exemple l'influence que peuvent produire les dispositifs sur la faune et la flore. Du côté des résultats, les chercheurs précisent : « Quelques années de recul sont nécessaires pour que nous puissions confirmer dans quelle mesure la prédation pourra se combiner à d'autres méthodes pour maîtriser les pullulations de campagnols. »

Le schéma de fonctionnement adopté par le consortium, original et exemplaire, est garant de la réussite de ce projet mené grandeur nature sur le terrain ; la motivation et l'investissement dont font preuve ses membres aideront à poursuivre la démarche entreprise, au moins en partie, à la suite de DURBAN. Une position volontaire, en faveur de la protection de l'environnement, qu'il convient de saluer.

Contacts :

Université de Neuchâtel

Laboratoire de biodiversité du sol
Edward Mitchell
Tél. +41 (0)32 718 23 45
edward.mitchell@unine.ch

Laboratoire de recherches
fondamentales et appliquées
en écologie – FARCE
Ted Turlings
Tél. +41 (0)32 718 31 58
ted.turlings@unine.ch

Laboratoire de génétique évolutive
Daniel Croll
Tél. +41 (0)32 718 23 30
daniel.croll@unine.ch

Université de Franche-Comté

Laboratoire Chrono-environnement
Clémentine Fritsch
Tél. +33 (0)3 81 66 62 71
clementine.fritsch@univ-fcomte.fr

Michaël Coeurdassier
Tél. +33 (0)3 81 66 57 41
michael.coeurdassier@univ-fcomte.fr

Pierre-Marie Badot
Tél. +33 (0)3 81 66 57 09
pierre-marie.badot@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 Riefolo | 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

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