

en direct

LE JOURNAL DE LA RECHERCHE ET DU TRANSFERT DE L'ARC JURASSIEN - NUMÉRO 299 - MARS - AVRIL 2022



GRAND FORMAT [ENVIRONNEMENT ASSIÉGÉ]

DÉCHETS CONTRE NATURE

FORCES RÉGIONALES

HARMI, un projet de grande envergure
pour les microbes

FIBRE ÉCOLO

Le chanvre, un bon plan d'après les conclusions
de SSUCHY

MATIÈRE [À FORMATION]

Fabriquer du fromage s'apprend à l'université

DESTIN [DE LÉGENDE]

Lire entre les lignes la vie de Heinrich Schliemann

EN DIRECT

NUMÉRO 299 - MARS - AVRIL 2022

3 | ACTUALITÉS

- Une théorie novatrice à la croisée de la psychologie et des neurosciences
- HARMi, un projet de grande envergure pour les microbes
- Les lipoprotéines HDL, alliées de la greffe de moelle osseuse ?
- Fibre écolo :
 - Le chanvre, un bon plan d'après les conclusions de SSUCHY
 - Le lin, matériau longue conservation
- Jeux vidéo violents : crainte légitime ou stigmatisation ?
- Le CÉROU au centre des Jeux
- De l'héroïsme à l'engagement citoyen, le dévouement politique à travers l'histoire
- Lutter contre la (cyber)criminalité économique, un credo

12 | MATIÈRE [À FORMATION]

Fabriquer du fromage s'apprend à l'université

14 | DESTIN [DE LÉGENDE]

Lire entre les lignes la vie de Heinrich Schliemann

16 | GRAND FORMAT [ENVIRONNEMENT ASSIÉGÉ]

Déchets contre nature



AVEC LES COMPLIMENTS DE L'EUROPE

UNE THÉORIE NOVATRICE À LA CROISÉE DE LA PSYCHOLOGIE ET DES NEUROSCIENCES

Prendre un thé, aller promener son chien, glisser un bulletin dans l'urne aux élections, téléphoner à son voisin... toutes ces actions sont le fruit d'une décision. Fonction centrale à toute expérience de vie humaine, la prise de décision est la cible de nombreuses recherches en psychologie, qui veulent comprendre les mécanismes qui l'alimentent. Le système moteur, qui abrite les neurones à l'origine du déclenchement de l'action, se traduisant donc dans le comportement, a cependant tendance à être un peu oublié dans ces investigations. Mathieu Servant a choisi de l'inclure dans les recherches qu'il mène au Laboratoire de recherches intégratives en neurosciences et psychologie cognitive (LINC) de l'université de Franche-Comté. Ses travaux montrent que le choix résultant d'une décision n'est pas communiqué au système moteur comme le postulent les modèles théoriques, mais que la décision elle-même se développe dans le système moteur.

UNE PRESTIGIEUSE BOURSE ERC

Ces recherches et cette découverte incitent Mathieu Servant à développer une « théorie intégrée de la prise de décision et de l'action », un projet récompensé par une prestigieuse bourse ERC (*European Research Council*) *Starting Grant* 2021. Cet important financement accordé sur cinq ans lui donne notamment la possibilité de s'entourer d'une équipe de jeunes chercheurs pour poursuivre ses travaux novateurs. « Une décision est un processus délibératif donnant naissance à un

choix. La délibération se nourrit d'une accumulation d'informations provenant de nos sens et de notre mémoire. Ces informations sont dirigées vers différents « accumulateurs », des compartiments qui correspondent chacun à un choix possible : lorsque l'un d'eux dispose de suffisamment d'informations pour franchir un seuil décisionnel, le choix correspondant est arrêté. » Les expérimentations menées par Mathieu Servant montrent une adéquation entre les modèles mathématiques du processus d'accumulation d'informations et l'activité électrique des groupes de neurones impliqués dans le système moteur, mise en évidence grâce aux moyens de l'électrophysiologie. Mais à l'intérieur de ce schéma, des expériences récentes ont révélé un mécanisme qui bouscule l'idée selon laquelle le système moteur serait un exécutant qui se contenterait d'accueillir le choix résultant du processus de décision pour le mettre en œuvre : « L'enregistrement de l'activité neuronale et de l'activité musculaire, cette dernière par électromyographie, montre que la course entre les accumulateurs est visible dans les structures motrices qui préparent et exécutent nos choix. » Formalisée mathématiquement, la théorie issue de ces constats donne lieu à des prédictions sur les processus à l'œuvre, sur l'activité



neurophysiologique sous-jacente, et sur le comportement. Ces modèles pourront servir de nombreuses applications, comme le développement de nouvelles stratégies de prévention de l'erreur en entreprise ou en milieu éducatif, ou la mise au point de thérapies pour le traitement de pathologies neuropsychiatriques impliquant des dysfonctionnements au niveau de la prise de décision et du contrôle moteur. La bourse européenne *Starting Grant* est réservée à des chercheurs en début de carrière, entre 2 et 7 ans après l'obtention de leur thèse. En 2021, seulement 8 d'entre elles ont été décernées dans les domaines relevant des sciences humaines et sociales en France. Une reconnaissance de haute volée pour Mathieu Servant, qui rejait sur le laboratoire LINC et sur l'université de Franche-Comté.

Contact :
Laboratoire de recherches intégratives en
neurosciences et psychologie cognitive
Université de Franche-Comté
Mathieu Servant
Tél. +33 (0)3 63 08 25 76
mathieu.servant@univ-fcomte.fr

FORCES RÉGIONALES

HARMI, UN PROJET DE GRANDE ENVERGURE POUR LES MICROBES

Que leur action soit bénéfique ou néfaste, les microbes sont au cœur de la vie et du fonctionnement des écosystèmes. Tous invisibles à l'œil nu, mais de tailles très diverses à leur échelle, les microbes, ou micro-organismes, regroupent les bactéries, les virus, les protozoaires et les champignons microscopiques : de grandes familles, chacune composée de milliers d'espèces différentes, dont la science n'a encore que partiellement fait la connaissance. Utiles à la fermentation des yaourts comme à la croissance des végétaux, responsables de

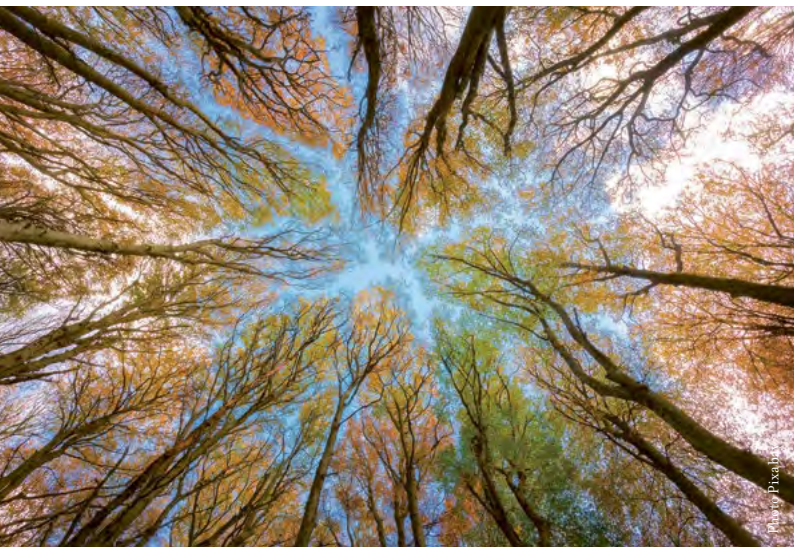
sont à l'origine du lancement du projet HARMI¹. HARMI est l'un des 15 lauréats ExcellencES du Programme d'investissement d'avenir (PIA4) élus en novembre 2021, et se voit à ce titre doté d'un budget de 14 millions d'euros sur 10 ans. Ce projet ambitieux est coordonné par le microbiologiste Laurent Philippot, directeur de recherche INRAE au laboratoire Agroécologie de Dijon, secondé par Michel Chalot, professeur de physiologie végétale et microbiologie, et Didier Hocquet, professeur de bactériologie-hygiène, tous deux enseignants à

l'université de Franche-Comté et chercheurs au laboratoire Chrono-environnement. « HARMI est un formidable outil pour fédérer en région les équipes, le savoir-faire et le matériel. Son importance en termes de force de recherche est unique en Europe, et le label obtenu aidera à

propos « l'intérêt et l'importance de renforcer les relations entre les partenaires académiques et les entreprises locales, un point clé du projet ». HARMI favorisera aussi le lien entre recherche et formation. La Graduate School Transbio, qui propose déjà des masters internationaux sur le sol régional, développera les collaborations avec des universités étrangères ; l'organisation de grands séminaires sera favorable à l'émergence d'une culture de la microbiologie en Bourgogne - Franche-Comté. Une culture et des résultats scientifiques qui concernent également l'ensemble de la société, pour laquelle des actions collaboratives, une exposition itinérante nationale et des relais d'information sont prévus.

Du gène à l'écosystème, l'étude du monde microbien investit différents champs disciplinaires et concerne de nombreuses applications. Michel Chalot et ses coéquipiers s'intéressent à la collaboration entre microbes et végétaux, un fondement du concept de phytomanagement préconisé pour la réhabilitation de sites industriels pollués. Certains micro-organismes favorisent à la fois la dégradation des polluants organiques et la croissance des végétaux : sélectionnés pour leur intérêt, ils sont produits en masse en laboratoire avant d'être incorporés au sol d'une friche industrielle du Nord Franche-Comté convertie en *LivingLab*, une expérimentation grandeur nature soutenue par Pays de Montbéliard Agglomération (PMA).

¹ HARMI (*Harnessing Microbiomes for Sustainable Development*) rassemble plus de 250 chercheurs d'UBFC dans une collaboration avec l'INRAE, le CNRS, les CHU de Besançon et de Dijon et plusieurs entreprises régionales.



maladies infectieuses autant que garants de la bonne santé des humains et des animaux, les microbes, toutes familles confondues, endossent des rôles d'une incroyable diversité.

En Bourgogne - Franche-Comté, les chercheurs sont nombreux à se pencher sur leurs caractéristiques et leurs activités. Les travaux qu'ils mènent dans les domaines de l'environnement, de la médecine et de l'alimentation, tous inclus dans le vaste monde de la microbiologie,

attirer des chercheurs de renommée internationale et à collaborer avec les meilleures équipes dans le monde », explique Michel Chalot. Le nouveau centre scientifique permettra l'acquisition d'équipements supplémentaires pour les plateformes technologiques concernées, qui bénéficient par ailleurs du soutien financier de la Région. Ces plateformes gagneront en visibilité pour s'ouvrir encore plus au monde industriel. Didier Hocquet souligne à ce

De leur côté, Didier Hocquet et ses collègues spécialistes d'épidémiologie moléculaire analysent le génome de bactéries pathogènes et mènent leurs recherches en lien direct avec le CHU de Besançon. Ils travaillent à la compréhension des épidémies en étudiant la circulation de ces microbes entre l'environnement, les animaux et les hommes. Utiles à l'élaboration des politiques de gestion des épidémies, aussi bien en ville que dans les

établissements de soin, ces travaux entrent pleinement dans le champ de la santé globale, un concept



Photo Tribune de Genève

défendu de longue date à Chrono-environnement. Très différents, ces deux exemples donnent un aperçu de l'étendue des travaux réalisés en microbiologie dans la sphère régionale.

Contacts :
Laboratoire Chrono-environnement
UFC / CNRS
Michel Chalot / Didier Hocquet
Tél. +33 (0)3 81 99 46 76 / 70 63 21 34
michel.chalot@univ-fcomte.fr
didier.hocquet@univ-fcomte.fr

PUBLIS ET BREVETS

LES LIPOPROTÉINES HDL, ALLIÉES DE LA GREFFE DE MOELLE OSSEUSE ?

Thérapie largement répandue dans le traitement de la leucémie, la greffe de moelle osseuse provoque la maladie du greffon contre l'hôte (GVH) chez 20 à 50 % des patients¹ qui reçoivent des cellules souches d'un donneur. Cette réaction plus ou moins sévère s'explique par le fait que le patient acquiert, en même temps que les cellules qui vont l'aider à reconstruire son sang et à lutter contre la maladie, un système immunitaire inconnu, susceptible d'attaquer son propre organisme. Dans sa forme aiguë, la maladie peut survenir dans les cent jours suivant la greffe, compromettant les chances de réussite de l'opération et se concluant parfois malheureusement par le décès du patient.

Des recherches récentes menées au laboratoire RIGHT offrent l'espoir de mettre au point un traitement préventif empêchant la survenue de la GVH aiguë. Cette piste prend appui sur l'action des lipoprotéines HDL, transportant le « bon » cholestérol circulant dans notre organisme, pour le rôle qu'il joue contre les endotoxines, des lipides inflammatoires présents dans nombre de bactéries, et dont

la responsabilité dans la survenue de la GVH est connue depuis les années 1990. Les chercheurs ont constaté que, administré dans le cadre d'expériences menées *in vitro*, puis sur la souris, les HDL neutralisent l'action des endotoxines, bloquant ainsi l'apparition de la GVH ; les HDL transportent ensuite ces endotoxines jusqu'au foie, où elles sont évacuées par la bile.

Philippe Saas, professeur d'immunologie et de thérapie cellulaire, directeur du laboratoire, Étienne Daguindau, maître de conférences et praticien au service hématologie du CHU de Besançon, et Cécile Chagué, doctorante dans cette même discipline, ont déposé une demande de brevet en septembre 2019 pour pouvoir valoriser ces résultats. Ces travaux bénéficient d'avancées scientifiques récentes, notamment de la mise au point d'une technique novatrice pour le dosage global et précis des endotoxines par l'équipe de Jean-Paul Pais de Barros au laboratoire LipSTIC. Depuis dix ans, ce laboratoire d'Excellence fédère des équipes de recherche et des entreprises en Bourgogne -

Franche-Comté autour de l'utilisation des lipides dans la prévention et le traitement des maladies inflammatoires et du cancer. Pionnier dans ce domaine, LipSTIC apporte son soutien financier aux recherches, de même que le projet MiMédi, développant depuis 2018 des solutions microtechniques pour la production de médicaments de thérapie innovante, et le consortium de dimension internationale Institut Carnot OPALE, dédié à la recherche partenariale sur les leucémies et les maladies apparentées à ces cancers.

La prochaine étape consistera à déterminer, chez l'homme, si des taux de HDL élevés correspondent à une absence de GVH. Dans cet objectif, l'équipe a mis en place l'étude clinique MetAlloLip, impliquant des patients ayant fait l'objet d'une greffe de moelle osseuse aux CHU de Besançon et de Nancy.

¹ Source : St Jude Children's Research Hospital, 2019

Contact :
Laboratoire RIGHT - EFS / UFC / INSERM
Philippe Saas
Tél. +33 (0)3 80 39 33 52
philippe.saas@efs.sante.fr

FIBRE ÉCOLO

LE CHANVRE, UN BON PLAN D'APRÈS LES CONCLUSIONS DE SSUCHY

Le chanvre est l'une des plantes de prédilection des chercheurs impliqués dans le projet SSUCHY, qui vient de se clore après quatre ans de mise au point et de test de matériaux biosourcés. Coordinateur de ce projet européen au département Mécanique appliquée de l'Institut FEMTO-ST, Vincent Placet souligne que les études confirment l'intérêt du chanvre, de sa résistance mécanique, de ses propriétés biochimiques et de sa durabilité, comme matériau capable de se substituer à des produits issus du pétrole dans de nombreuses applications industrielles, en complément du lin.

« La demande mondiale de fibres végétales est en augmentation pour les besoins du secteur textile comme pour le développement de nouveaux matériaux respectueux de l'environnement. Une culture facile, des qualités exploitables du secteur automobile au domaine de l'acoustique font du chanvre une plante d'intérêt majeur pour répondre à ces objectifs. »

La création d'une chaîne de valeur chanvre en Europe, une hypothèse soumise à l'expertise des chercheurs, se révèle donc être une option intéressante au vu des résultats obtenus. La relance de la production de la plante ces dernières années va dans ce sens, et l'idée du développement d'une filière a conduit les membres du consortium à étudier tous les aspects de la valorisation du chanvre, de sa culture à ses applications industrielles potentielles, en passant par sa transformation.



Photo société Van.Eko

« Certains procédés techniques, qui avaient cours il y a cent cinquante ans et ont perduré jusqu'aux années 1950, méritent d'être réhabilités. Plus adaptés au travail sur des tiges longues, ils présentent pour certaines applications d'autres atouts que les méthodes de teillage dédiées à la transformation du lin. » Bon rendement de la

production et performances du matériau conformes au cahier des charges : les preuves de la pertinence des pratiques anciennes ont été établies en laboratoire, puis confirmées à l'échelle industrielle, grâce au concours d'entreprises qui ont selon ces procédés produit des fils de chanvre pour la fabrication des démonstrateurs prévus par



L'un des développements de SSUCHY, en partenariat avec la société NPSP BV, concerne un chassis de scooter monocoque en composites biosourcés avec renforts en chanvre pour remplacer les chassis traditionnels composés de nombreuses pièces plastiques et métalliques.

Photo Sandrine Quarroz - FEMTO-ST

FORMULES COMPOSITES POUR SSUCHY

Doté d'un budget global de 7,4 millions d'euros pour quatre ans lors de son lancement en 2017, SSUCHY a regroupé 17 structures dans un partenariat public-privé validé par le programme européen H2020, autour de l'étude et du développement de matériaux composites biosourcés pour l'industrie. Pas moins de 6 thèses ont été soutenues au cours du projet, et une école d'été, pour la première fois organisée autour de ce sujet, a réuni sur le net 175 participants de 27 pays différents en juillet 2021.

le projet. « Une option serait d'optimiser puis d'implanter ces équipements spécifiques dans les zones de production du chanvre, par exemple en France dans l'Est et le Sud du pays. De manière plus générale, il nous faut retrouver le savoir-faire lié à l'exploitation des fibres végétales, que nous avons presque totalement perdu en Europe au cours des dernières décennies. »

Chanvre, lin, ortie..., SSUCHY montre que, même si des nuances sont à apporter en fonction du niveau de maturité des recherches et selon les applications choisies, les fibres et les polymères biosourcés étudiés dans le projet présentent un intérêt certain pour leurs propriétés. Il reste cependant à diminuer l'impact environnemental de la fabrication des matériaux composites, qui n'est pour l'instant que légèrement meilleur à celui de la production de matériaux issus du pétrole. « C'est insuffisant, et cela reste un challenge, parce que même si on a recours à de la chimie verte, la mise au point des polymères et des composites requiert actuellement une consommation importante de solvants et d'énergie », explique Vincent Placet.

Le volet environnemental pourrait faire l'objet d'un prolongement de SSUCHY dans les prochaines années, ainsi que le souhaitent les membres du consortium européen.

Les résultats du projet et les prototypes mis au point sont à découvrir par le biais d'une vidéo et d'un document d'information disponibles sur www.ssuchy.eu.

Contact :
Département Mécanique appliquée
Institut FEMTO-ST
UFC / ENSMM / UTBM / CNRS
Vincent Placet
Tél. +33 (0)3 81 66 60 55
vincent.placet@univ-fcomte.fr

LE LIN, MATÉRIAU LONGUE CONSERVATION

Du lin vieux de 4 000 ans, aux propriétés mécaniques et biochimiques *a priori* quasi intactes et en tout cas comparables à celles d'un lin tissé aujourd'hui : ce constat surprenant a soulevé l'enthousiasme des chercheurs qui ont étudié de très près un linge mortuaire datant de l'Égypte antique, issu des collections du Louvre.

« Le lin cultivé à l'époque était sans doute différent des espèces actuelles, qui font l'objet de sélections. Nous ne savons pas exactement quelles étaient ses propriétés de départ, mais nous pouvons affirmer que le textile, bénéficiant de conditions d'humidité et de températures constantes à l'intérieur de la tombe, n'a subi que très peu de dégradations », raconte Vincent Placet. Sa qualité témoigne aussi du grand savoir-faire dont faisaient preuve les Égyptiens dans la transformation de la matière végétale. Le fil était torsadé pour réduire le frottement entre les fibres élémentaires, elles-mêmes collées par de la pectine extraite de leurs parois : l'action combinée de torsion et de collage garantissait leur résistance au tissage, un défi d'autant plus grand que les fils étaient fins. Ce savoir-faire artisanal est aujourd'hui devenu un enjeu industriel aux multiples dimensions. L'analyse du tissu antique révèle des irrégularités sur les parois des fibres de lin, cependant moins marquées que dans les tissages d'aujourd'hui. Ce constat pose question quant à l'origine de ces défauts, responsables d'une altération de la résistance des fibres : apparaissent-ils naturellement lors de la croissance des tiges de lin, sous l'effet du vent ou des variations d'humidité ? Sont-ils accentués par l'action du temps ou par les procédés de tissage d'aujourd'hui ? L'analyse de la morphologie des fibres a été effectuée par nanotomographie, un procédé non invasif proposé par la plateforme MIFHySTO et habituellement utilisé pour des applications en microtechniques. « Cette technologie permet une vision 3D très précise de la forme et de la structure interne de ces fibres creuses, d'un diamètre inférieur à une trentaine de micromètres, et de leurs parois. »

Des travaux complémentaires sont actuellement poursuivis par les chercheurs de l'université Bretagne Sud, à l'initiative du projet, pour mieux comprendre l'influence de l'architecture des fils et des conditions de conservation sur la durabilité du lin.

Les premières conclusions de l'étude sont cependant déjà probantes, et complètent utilement les tests de vieillissement accéléré des matériaux réalisés en laboratoire. Ces résultats ont fait l'objet d'une publication dans la revue de référence *Nature Plants* en septembre 2021.



Fibres de lin anciennes vues au microscope électronique à balayage.
© Alain Bourmaud, IRDL

LE NUMÉRIQUE EN QUESTIONS

JEUX VIDÉO VIOLENTS : CRAINTE LÉGITIME OU STIGMATISATION ?

Columbine, États-Unis, 1999 : treize étudiants et un professeur tombent sous la folie meurtrière de deux étudiants qui se suicident sur le lieu de leurs crimes. Cet événement tragique, qui a choqué l'Amérique et le monde entier, a alimenté le débat en faveur de l'interdiction des jeux vidéo violents en Suisse au milieu des années 2000.

Car comme lors d'autres massacres que le monde a déplorés, la pratique de jeux vidéo violents par les tueurs a été pointée du doigt pour donner une explication, sinon un sens, à leurs gestes

Professeur en communication et médias sociaux à la Haute Ecole de gestion Arc, Michael Perret a mené dix ans de recherches sur le sujet, aujourd'hui couronnées par une thèse, parallèlement à son enseignement.

LE JEU, SYMPTÔME PARFOIS DE MALAISE

Son travail met en lien le discours politique et le traitement médiatique qui ont cours depuis les années 1990 autour du jeu vidéo violent, et la pratique

prement dite du jeu ne se focalise pas nécessairement sur l'utilisation d'éléments violents pour réussir. » Si l'analyse de Michael Perret souligne une agressivité parfois feinte, parfois bien réelle, de certains joueurs ou spectateurs, notamment des hommes envers les femmes, elle montre en fait que le jeu n'en est qu'un lieu d'expression parmi d'autres. De la même façon, le chercheur relève que « le numérique n'est pas en lui-même le problème, mais parfois l'indice d'un problème à chercher ailleurs, le symptôme d'un malaise souvent d'ordre psychologique ». Au-delà des premières conclusions tirées à chaud, l'enquête sur la fusillade de Columbine a révélé qu'il fallait chercher plus loin que la pratique de jeux vidéo violents pour tenter d'expliquer le geste des tueurs, en réalité en grande souffrance psychique depuis plusieurs années. Si la problématique des jeux vidéo violents n'est pas nouvelle, elle reste d'actualité et suscite des inquiétudes légitimes chez les parents ou dans la société. Pour y répondre, le législateur suisse a décidé d'opter pour des mesures moins radicales que l'interdiction pure et simple des ventes comme le prévoyait un projet de loi en 2010, dont l'application a été jugée peu réaliste. « La discussion s'oriente aujourd'hui sur une régulation des contenus problématiques dans les jeux vidéo et les films, résultant d'une concertation entre l'État et les acteurs du domaine. »



fatals. Perte de l'empathie et perte de la notion de réalité figurent au rang des premiers chefs d'accusation de ces jeux sur le psychisme de leurs adeptes, et faciliteraient le passage à l'acte.

Un autre courant de pensée met en cause ce jugement : 85 à 90 % des jeunes de 12 à 18 ans jouent à des jeux vidéo violents, des chiffres éloquentes proportionnellement au nombre de responsables de tueries.

du jeu elle-même, pour mieux cerner le regard que peut avoir le législateur sur le phénomène. « Les conclusions de l'étude de cas détaillée que j'ai réalisée auprès d'une joueuse vont dans le même sens que les résultats d'études plus généralistes. Elles montrent notamment que la violence existe entre les joueurs et entre les joueurs et les spectateurs, lorsque le jeu fait l'objet d'un chat sur internet ; mais la pratique pro-

Contact :
Haute Ecole de gestion Arc
Michael Perret
Tél. +41 (0)32 930 23 48
michael.perret@he-arc.ch

FLAMME OLYMPIQUE

LE CÉROU AU CENTRE DES JEUX

Les JO d'hiver viennent de se clore à Pékin, ceux d'été se préparent pour 2024 à Paris... Créé en décembre 2019 à l'université de Franche-Comté, le CÉROU multiplie ses activités et sa visibilité grandit au fil du temps et des Jeux qui se succèdent. S'il possède des équivalents dans une vingtaine de pays, le Centre d'études et de recherches olympiques universitaire est la seule structure de ce type en France. Ses missions ? Fédérer le savoir universitaire sur l'olympisme, favoriser les liens entre les acteurs du monde olympique et les chercheurs, mettre en place des enseignements dédiés, organiser des colloques et des rencontres interdisciplinaires, encourager les relations à l'international, relayer la connaissance auprès du grand public...

L'un des événements les plus ambitieux inscrits à son programme aura lieu dans les jours précédant les Jeux de Paris : le CÉROU accueillera le symposium mondial de la recherche, qui traditionnellement se tient à chaque édition des Jeux olympiques. Entre trois cents et quatre cents chercheurs du monde entier sont attendus à Besançon pour cette manifestation.

Directeur du CÉROU, vice-président à l'olympisme de l'université de Franche-Comté, Éric Monnin est un artisan infatigable de la promotion de l'olympisme. S'il intervient naturellement sur le territoire comtois, à divers titres impliqué dans Paris 2024, sa passion et ses missions d'enseignant-chercheur le mènent aussi aux quatre coins du monde. Consultant pour Eurosport depuis plusieurs années, Éric Monnin a commenté



Éric Monnin à l'exposition organisée dans le cadre de la semaine olympique et paralympique. BU de Belfort et bibliothèque de campus de Montbéliard. Jusqu'au 26 mars - Photo Christine Dumas

les cérémonies d'ouverture et de clôture des Jeux de Pékin pour la chaîne sportive. Signification des emblèmes olympiques, parcours de la torche – il a d'ailleurs été le seul Français à relayer la flamme olympique pour les Jeux de Tokyo –, fonctionnement du CIO, retours historiques..., le chercheur apporte l'anecdote, l'information qui rendent le discours plus riche et plus dynamique. « Cette expérience est une formidable opportunité pour voir de l'intérieur comment sont diffusés les Jeux dans les médias ».

Éric Monnin est aussi l'auteur d'un livre sur les Jeux olympiques d'hiver, qu'il actualise et complète régulièrement depuis sa première édition à l'occasion des JO de Salt Lake City en 2001. Le livre, émaillé de nombreuses photos, retrace l'intégralité du parcours des JO d'hiver depuis leur création en 1924 à Chamonix. Un commentaire sur l'édition de Pékin ? « Les Chinois veulent s'engouffrer dans l'industrie des sports d'hiver, et rattraper la Corée du Sud et le Japon qui ont pris une longueur d'avance en

termes d'équipements sportifs, logistiques et numériques lors des Jeux précédents. La Chine ne comptait que huit millions de pratiquants en 2017, elle espère faire grimper ce chiffre à trois cents au moins grâce aux JO de Pékin. »



Monnin É., *De Chamonix à Beijing. Un siècle d'olympisme en hiver*, Éditions Désiris, 2021

Contact :
CÉROU
Éric Monnin
Tél. +33 (0)3 81 66 52 54
eric.monnin@univ-fcomte.fr

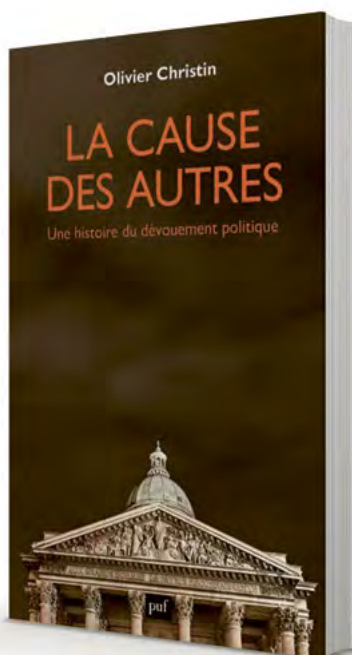
PUBLICATION

DE L'HÉROÏSME À L'ENGAGEMENT CITOYEN, LE DÉVOUEMENT POLITIQUE À TRAVERS L'HISTOIRE

Le dévouement
n'est pas absent
du monde
d'aujourd'hui :
il joue sur de
nouveaux ressorts
et suit des
cheminements
propres à notre
époque et à ses
problématiques

Mucius Scaevola ou Horatius Coclès sont des noms aujourd'hui inconnus du plus grand nombre, mais ces héros antiques figurent parmi les modèles qui ont guidé la pensée politique à travers l'histoire. Quelque 500 ans av. J.-C., le premier aurait sacrifié sa main en défi devant le roi des Étrusques qui s'apprêtait à envahir Rome ; le second aurait tenu seul en respect l'armée de ce même roi en attendant des renforts. Par leurs exploits, leur sens du sacrifice et leur courage, les héros issus de l'histoire ou de la mythologie antiques sont longtemps restés des références, jusqu'au XIX^e siècle quand les théoriciens républicains voyaient dans le dévouement une des conditions de réussite de la république.

Olivier Christin s'appuie sur ces figures emblématiques du don de soi, mis au service de la Cité ou de la Patrie, pour construire sa réflexion dans l'ouvrage *La cause des autres. Une histoire du dévouement politique*. Historien à l'université de Neuchâtel, l'auteur analyse l'évolution des notions de bravoure, de désintéressement et de sacrifice chères à l'Antiquité, par le prisme de l'œuvre du philosophe politiste du XIX^e siècle, Alexis de Tocqueville ; il s'appuie également sur de nombreux écrits, révélateurs des enjeux que de telles valeurs représentent dans la construction de la pensée politique et sociale dans l'histoire moderne. Olivier Christin interroge en miroir les sociétés contemporaines traditionnellement taxées d'individualisme, d'égoïsme et d'indifférence. Il montre qu'en réalité, si les modèles héroïques et le champ lexical qui leur était attaché ne sont plus d'actualité, le dévouement n'est pas pour autant absent du monde d'aujourd'hui : il joue sur de nouveaux ressorts et se révèle autrement, suivant des cheminements propres à notre époque et à ses problématiques. « Le dévouement n'a pas disparu, et nous voyons tous les jours que, contrairement à ce que suggère la théorie classique, les hommes peuvent agir autrement que par pur intérêt. »



Christin O., *La cause des autres. Une histoire du dévouement politique*, PUF, 2021

PUBLICATION

LUTTER CONTRE LA (CYBER)CRIMINALITÉ ÉCONOMIQUE, UN CREDO

La création en l'an 2000 de l'Institut de lutte contre la criminalité économique (ILCE) veut répondre aux besoins en formation des autorités de police et de justice en Suisse romande. Deux décennies plus tard, la réputation de l'institut n'est plus à faire et dépasse largement les frontières du pays tout entier ; son rayon d'action s'est développé, à mesure que les moyens informatiques donnaient plus d'envergure à certaines activités frauduleuses ou en généraient de nouvelles. Criminalité économique et cybercriminalité sont devenues les deux axes guidant la mission de l'ILCE à la Haute Ecole de gestion Arc, et ont donné son titre à un ouvrage édité en l'honneur d'Isabelle Augsburger-Bucheli, qui a créé l'institut et l'a dirigé pendant vingt ans avant de prendre de nouvelles orientations professionnelles. Sous l'égide de la professeure de droit et de son équipe, l'ILCE a mis en place plusieurs diplômes accessibles en formation continue, dont le dernier né est le CAS Cybercriminalité, spécialisation cyberenquête. Des projets de R&D sont régulièrement développés, notamment avec des instances cantonales

ou fédérales ; l'organisation de colloques et de séminaires rythme la vie de l'institut, engagé sur tous les fronts : contrefaçons pharmaceutique ou horlogère, crimes économiques commis envers l'État, délits d'initiés, devenir des avoires des potentats, blanchiment d'argent, arnaques informatiques contre les seniors

et maintenant fraudes liées au coronavirus font partie du quotidien de l'ILCE. Ces sujets, parmi d'autres encore, sont inscrits au sommaire de l'ouvrage grâce à la contribution de chercheurs, juges, procureurs, avocats,

juristes, spécialistes en comptabilité, économie, sociologie, criminologie, informatique, qui font partie du réseau pluridisciplinaire et international qu'Isabelle Augsburger-Bucheli a tissé au fil des années.

Au-delà de l'hommage rendu à une personnalité unanimement qualifiée d'exceptionnelle par les auteurs, tant au point de vue professionnel que sur le plan humain, *Criminalité économique et cybercriminalité* est une occasion de (re)découvrir l'étendue des activités de l'ILCE et d'appréhender de nombreuses facettes de la criminalité économique aujourd'hui.



Contrefaçons pharmaceutique ou horlogère, crimes économiques commis envers l'État, délits d'initiés, blanchiment d'argent et arnaques informatiques en tous genres font partie du quotidien de l'ILCE

Jaquier S., Beaudet-Labrecque O., Zbinden R., *Criminalité économique et cybercriminalité, Mélanges en l'honneur de la professeure Isabelle Augsburger-Bucheli*, Éditions Helbing Lichtenhahn, 2021



Fleurons d'un savoir-faire lié à la géographie, à l'histoire et à la culture de toute une région, les fromages au lait cru du massif jurassien emportent l'adhésion jusqu'au cœur de l'université de Franche-Comté : une licence professionnelle forme aux métiers de la fromagerie au sein du département de Géographie et aménagement de l'UFR SLHS, et du laboratoire ThéMA.

MATIÈRE [À FORMATION]

FABRIQUER DU FROMAGE S'APPREND À L'UNIVERSITÉ

« La fabrication d'un fromage au lait cru est le stade ultime d'un processus qui démarre dans les prairies et se poursuit jusque dans la cave d'affinage »

Ce n'est pas le mot fromage qu'on associe de prime abord à celui d'université, pourtant l'université de Franche-Comté développe depuis quatorze ans et avec succès

une formation en industries agroalimentaires axée sur la fromagerie de terroir, avec le lait cru pour ingrédient de base. Une licence professionnelle, exactement intitulée Responsable d'atelier de productions fromagères de terroir, fruit de la collaboration de l'université avec les Écoles nationales d'industrie laitière (ENIL) de Mamirolle et de Poligny, et le Centre technique des fromages comtois (CTFC).

D'une durée d'un an, la licence est accessible en apprentissage, en contrat de professionnalisation et en formation initiale à tous les amoureux de fromage porteurs d'un projet professionnel bien construit.

Vache, chèvre, brebis..., la fabrication d'un fromage au lait cru requiert un grand savoir-faire et des connaissances multiples.

« C'est le stade ultime d'un processus qui démarre dans les prairies, chez l'animal et dans sa nourriture, dans un contexte de vie qui se poursuit jusque dans la cave d'affinage », explique Pascal Bérion, enseignant-chercheur en aménagement de l'espace et urbanisme, responsable pédagogique de la licence.

Un processus enraciné dans un environnement naturel et social particulier : maîtriser l'aspect technologique de la production ne saurait suffire pour appréhender la complexité d'une matière vivante et la spécificité d'un terroir, qui fondent le caractère des produits. L'éventail des enseignements est large : rôle des bactéries et des ferments lactiques, phénomènes d'affinage, technologies fromagères liées au label AOP, contrôle qualité des procédés et des produits, règlements sanitaires, composantes naturelles, historiques et paysagères des terroirs, risques professionnels... Théoriques ou pratiques, les cours sont tous dispensés dans les ENIL.

Une solution simple et efficace, pour une organisation optimale : « Entre deux cours, les étudiants s'occupent des fromages et contrôlent le bon déroulement de l'affinage. Ils sont à pied d'œuvre et en bottes blanches à 6 h 30 lorsque les cours se déroulent en « halle technologique », témoigne Pascal Bérion. Dès la deuxième semaine de formation, ce sont des bottes vertes qu'ils chaussent pour aller traire les vaches et se familiariser à l'écosystème microbien entourant la production du lait, dans une exploitation agricole. « C'est un contexte qui varie d'une ferme à l'autre, de jour en jour, en fonction de paramètres comme la température, l'hygrométrie, le type de couchage des animaux, la préparation de la mamelle pour la traite... » À la fin de l'année, les futurs responsables d'atelier possèdent les connaissances requises pour transformer du lait cru en fromage, un savoir-faire dont on ne soupçonne sans doute pas toute la complexité quand on le déguste dans nos assiettes. Et une responsabilité importante, d'un point de vue tant sanitaire que financier.

CONCURRENTS ET COMPLICES

La licence cible en premier lieu la production fromagère du massif jurassien et s'intéresse ainsi naturellement aux pratiques développées de l'autre côté du Doubs. L'écosystème alpin et la pratique de l'élevage extensif ou semi-extensif qui caractérisent la région sont à l'origine de savoirs communs, qui ont pris des directions différentes au fil du temps. Aux XVIII^e et au XIX^e siècles, c'était la Suisse qui fournissait le massif en fromages, et les techniques de fabrication développées alors ont peu à peu été importées côté français. La Monthéliarde, race dominante des troupeaux

bovins du massif, est née de la patiente sélection d'animaux venus de Suisse. Aujourd'hui, c'est dans les systèmes de transformation du lait que se situent les caractéristiques les plus discriminantes : côté français, le fromager est souvent salarié d'une coopérative fromagère, parfois d'un établissement privé, ou son propre patron ; côté suisse, les propriétaires de la fromagerie sont des agriculteurs qui généralement vendent le lait et louent leur matériel aux fromagers, un fonctionnement fondé sur le principe de l'amodiation. Issus d'une même culture, voisins français et suisses se retrouvent en compétition sur les étals des marchés. Les appellations fromagères sont parfois sources de tensions. Vacherin ou mont d'or, comté ou gruyère se sont trouvés au cœur de bien des discussions houleuses, l'appellation gruyère provoquant même actuellement des remous jusque de l'autre côté de l'Atlantique, où la justice américaine, voulant le qualifier de terme générique comme d'autres avant lui, se heurte au tollé des fromagers suisses et français, ici réunis dans un même combat indigné.

UN CARACTÈRE OUVERT

Si l'histoire et la culture régionales, liées à l'originalité du massif jurassien, incitent naturellement les responsables et les étudiants de la licence à s'intéresser aux pratiques prévalant dans les AOP comtoises, l'enseignement se tourne également vers celles qui ont cours dans d'autres régions et dans d'autres pays, tels que le Japon ou le Canada. « Le savoir-faire et la connaissance ne peuvent que s'enrichir des apports d'autres conceptions et d'autres techniques liées à la transformation du lait cru ; la spécificité qui est la nôtre ne doit pas faire oublier l'avantage qu'il y a à découvrir d'autres horizons. »

Cet esprit d'ouverture se constate également dans le recrutement, à bac + 2 minimum, de la bonne vingtaine d'étudiants que compte chacune des promotions de la licence. Certains sont titulaires d'un BTS agroalimentaire ou d'un DUT en génie biologique, d'autres, master ou diplôme d'ingénieur en poche, ont suivi des études en géographie ou en sociologie. D'autres encore ont quitté un poste d'architecte ou de *trader* pour se reconvertir et prendre de nouvelles orientations de carrière.

Les bancs de cette école atypique comptent aujourd'hui un peu plus de filles que de garçons, après qu'elle a aidé les mentalités à se débarrasser d'un *a priori* concernant les capacités physiques des filles à assumer les tâches très physiques liées à l'exercice de la profession. « Les deux-tiers des étudiants travaillent dans des fromageries du massif du Jura et des Alpes du Nord. Le partenariat avec les ENIL, le CTFC et les fromageries, tous impliqués dans la construction de la formation, est fondamental pour la pédagogie et l'insertion des diplômés. »

Les étudiants proviennent de différentes zones géographiques en France, voire de l'étranger : la licence intéresse par exemple des entrepreneurs d'exploitations agricoles qui veulent compléter leur activité première par la fabrication de fromages et tendre vers un statut de paysan fromager.

« Les critères de sélection prioritaires sont la motivation ainsi que la finalité et la cohérence du projet professionnel des candidats. Le panachage des profils apporte une vraie valeur ajoutée à une promotion », souligne Pascal Bérion. Et qui sait, peut-être même au caractère du fromage ?

Contact :
Université de Franche-Comté
Pascal Bérion
Tél. +33 (0)3 81 66 54 07 / (0)6 75 40 84 09
pascal.berion@univ-fcomte.fr



L'archéologue Heinrich Schliemann a découvert rien de moins que les cités de Troie et de Mycènes. Il a, par ses propres écrits, entouré sa vie et son travail d'un mystère qui fait étrangement écho à la légende antique qui le fascinait. Dans un livre couronné par l'Académie française, la professeure de littérature Annick Louis raconte comment l'écriture de Schliemann a contribué à façonner un mythe toujours vivace.

DESTIN [DE LÉGENDE]

LIRE ENTRE LES LIGNES LA VIE DE HEINRICH SCHLIEMANN

« C'est par son écriture que Schliemann a frappé l'imagination et suscité la curiosité du public pour la discipline archéologique »

L'invention de Troie. Les vies rêvées de Heinrich Schliemann, le livre d'Annick Louis arrive à point nommé pour marquer le

bicentenaire de la naissance de Heinrich Schliemann (1822-1890). Un hasard du calendrier comme on dit, qui met en lumière un personnage hors du commun, peu connu en France mais encensé dans d'autres pays.

Natif d'Allemagne, Heinrich Schliemann bâtit une véritable fortune grâce à ses affaires avant de s'intéresser à l'archéologie. Selon une méthode exigeante qui lui est très personnelle, il apprend une douzaine de langues au cours de sa vie, ce qui sert ses ambitions : ses affaires puis sa quête archéologique, qui le conduisent de la Russie à l'Amérique, du Japon à différents pays en Europe. Poursuivant un rêve d'enfance, comme il aime à le raconter, Heinrich Schliemann part sur les traces des héros

d'Homère pour découvrir la Troie antique et prouver le fondement historique de *L'Iliade* et *L'Odyssée*. En 1870, il est l'un des premiers à entreprendre des fouilles systématiques, une démarche novatrice aidée par les progrès de la technique, quand l'époque est encore à la comparaison de relevés topographiques avec des textes anciens.

Le rêve devient réalité lorsque Schliemann et son équipe exhument Troie de la colline d'Hissarlik, dans la région de la Troade en Turquie. Sept niveaux d'occupation du site sont mis au jour, sur les neuf qui seront en définitive recensés. Schliemann découvre Troie et le trésor de Priam, le roi de la cité antique ; de l'autre côté de la mer Égée, ses fouilles révèlent ensuite les ruines de Mycènes, le royaume d'Agamemnon, à qui il attribue le masque d'or qu'il découvre. Les traces de la légende et de ses protagonistes sont là, bien réelles. Mais les hypothèses butent finalement sur les anachronismes, et sont réfutées au fil du temps

< Mycènes, cercle A des tombes.
Photo Andreas Trepte

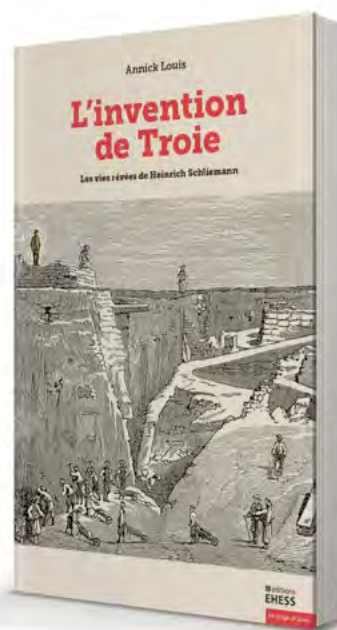
et de l'avancée des recherches. Heinrich Schliemann a bien découvert Troie, mais il a fait erreur sur le niveau d'occupation du site. Si le « trésor de Priam » est un véritable trésor fait de bijoux en or et de vases en argent, il se rattache, tout comme les autres vestiges mis au jour, à une période plus ancienne de plusieurs siècles que celle supposée de la guerre de Troie, qui aurait eu lieu vers 1180 av. J.-C. L'existence de la cité de la légende sera attestée par d'autres archéologues, à un niveau d'occupation que Schliemann n'avait pas investigué.

IL SIGNE QUATRE AUTOBIOGRAPHIES

Les erreurs de jugement, voire certains soupçons d'escroquerie, ne remettent cependant pas en cause l'intérêt des fouilles que Schliemann a menées pendant vingt ans, et ses apports à l'archéologie sont aujourd'hui incontestés. Mais l'homme est avant tout un mythe, qu'il a lui-même façonné avec la rédaction de quatre autobiographies, des textes se contredisant parfois entre eux ou avec d'autres sources documentaires, telles que des correspondances ou des journaux rédigés de sa main. C'est justement alors qu'elle travaille sur les récits de différents explorateurs à la bibliothèque d'Athènes, qu'Annick Louis découvre l'importance des archives Schliemann. Certaines, rédigées en français et en espagnol, n'ont jamais été étudiées. La chercheuse se prend de passion pour l'histoire controversée de ce personnage extraordinaire, et surtout pour ses écrits. « Consulter des archives ne sert pas qu'à étayer des hypothèses ; c'est aussi découvrir des objets captivants,

capables à eux seuls de susciter la curiosité et d'emmener vers des horizons de recherche inédits. » Professeure en littérature hispano-américaine, Annick Louis opère donc un virage en décidant de mener une recherche fondée sur l'étude des archives Schliemann. Mais son objectif n'est pas tant archéologique ou historique que littéraire, et rejoint en ce sens l'une de ses spécialités, l'étude comparée de textes. « Mon propos n'est pas de déconstruire le mythe, mais plutôt de mettre en valeur certains des mérites de l'homme, passés sous silence dans ses autobiographies, comme le fait qu'il ait durement travaillé pour accéder au savoir, jusqu'à obtenir un doctorat en archéologie à la Sorbonne, ou que, étant allemand, il se soit heurté à une certaine hostilité dans les cercles scientifiques français. » Annick Louis ne cherche pas à démêler le vrai du faux de la vie de l'archéologue, mais à étudier les procédés narratifs de l'auteur. « Sans ses autobiographies, Schliemann n'aurait été qu'un archéologue parmi d'autres. C'est par son écriture qu'il a frappé l'imagination et suscité la curiosité du public pour la discipline archéologique. » Dans ses autobiographies, Schliemann excelle à entrelacer le dit et le non-dit, à naviguer entre flou et précision. Il réussit à taire des événements de son histoire qui le dérangent, tout en insistant sur leurs conséquences. Il dit tirer une idée de supposés souvenirs d'enfance, pour mieux cacher qu'il vient de l'emprunter à un autre. Il met en scène de façon inédite le couple de scientifiques qu'il forme avec son épouse Sophia. Surtout, il fait de ses autobiographies de véritables récits, enrichis d'emprunts à la légende homérique qu'il revisite pour y prendre place en tant que sujet ou témoin ; il les pare de fantastique et de merveilleux, à la manière des

écrits du Moyen Âge. « Schliemann établit constamment des liens entre le passé et le présent, entre le texte classique et le sien, sans que ces liens soient explicités. » Ni vraie ni fausse, n'appartenant ni à la fiction ni à la non fiction, l'écriture de Schliemann possède un « effet de réel » totalement nouveau à l'époque, qui explique en partie la séduction qu'elle a exercée sur le public. Largement réemployés ensuite par d'autres auteurs, aujourd'hui étudiés dans le cadre de cette recherche, les ressorts narratifs que Schliemann a utilisés passent donc à la postérité, tout comme les résultats qu'il obtint de ses fouilles. Fruit de plusieurs années d'une recherche passionnée et complexe, l'ouvrage d'Annick Louis a obtenu le prestigieux prix Louis Barthou 2021 de l'Académie française.



Louis A., *L'invention de Troie. Les vies rêvées de Heinrich Schliemann*, éditions EHESS, 2020

Contact :
Centre de recherches interdisciplinaires
et transculturelles - CRIT
Université de Franche-Comté
Annick Louis
anne_marie.louis@univ-fcomte.fr



Depuis les profondeurs de la Terre jusqu'au lointain cosmos, des siècles passés au futur en gestation, les déchets produits par les activités humaines marquent l'espace et le temps. Des études et des innovations scientifiques très diverses tentent d'opposer des solutions à cet immense problème à géométrie variable.

GRAND FORMAT [ENVIRONNEMENT ASSIÉGÉ]

DÉCHETS CONTRE NATURE

« On sait que la pollution par les plastiques est beaucoup plus importante en milieu terrestre qu'en milieu aquatique »

MICROPLASTIQUES : LE MILIEU TERRESTRE ÉGALEMENT CONCERNÉ

S'ils dénaturent les mers et les océans, les plastiques polluent aussi la terre ferme, qui la première les voit passer du statut de produits manufacturés à celui de déchets. Enfouis dans les décharges publiques ou débarrassés dans des dépôts sauvages, jetés avec incivilité ou involontairement dispersés aux quatre vents, certains finissent par s'effriter en morceaux de plus en plus petits, à la manière de cailloux se transformant en sable avec le temps. D'autres, contenus dans les boues des stations d'épuration ou les dépôts atmosphériques, sont d'emblée minuscules. C'est à tous ces microplastiques, ainsi nommés bien qu'ils puissent en réalité atteindre jusqu'à plusieurs millimètres, que s'intéresse Frédéric Gimbert au laboratoire Chrono-environnement. « L'impact des plastiques sur la qualité de l'environnement terrestre fait l'objet de recherches approfondies depuis cinq ans seulement. C'est un milieu difficile à investiguer, mais on sait déjà, d'après les premières études, que la pollution par les plastiques est beaucoup plus importante en milieu terrestre qu'en milieu aquatique », explique le chercheur en

Les plastiques
sont composés
de polymères et
d'additifs, soit
4 000 substances
dont la liste
s'allonge de façon
exponentielle par
leur combinaison
en cocktails
souvent inconnus

écotoxicologie. La fourchette d'estimation, pour l'instant très large, annonce des chiffres quatre à vingt fois supérieurs. « Il est important de recueillir un grand nombre de données à partir de différents modèles biologiques pour réussir à évaluer l'impact de ces déchets plastiques sur l'environnement. » L'escargot est le bio-indicateur vedette du laboratoire Chrono-environnement depuis plus de vingt ans. Il est au centre de deux recherches menées en parallèle par Frédéric Gimbert : l'une est financée par la Région et l'ADEME depuis 2020, l'autre intervient dans le cadre d'un consortium monté en 2021, regroupant différents laboratoires en France sous l'égide de l'Agence nationale de la recherche (ANR).

DES RÉSULTATS CORRÉLÉS À LA TAILLE DES MICROPLASTIQUES

Placé au contact du sol, de l'air et de la végétation, exposé à ce contexte par voies digestive, respiratoire et cutanée, l'escargot est un excellent marqueur environnemental. Dans les études portant sur les plastiques, les premières expérimentations font chez lui état de résultats contrastés selon la taille et la concentration des particules de polyéthylène, la matière de base du plastique, auquel il a été exposé. « Nourri » à petites doses de fragments de plastique d'environ 0,5 mm, l'escargot grandit mieux ! Un effet bénéfique dont l'explication se trouve peut-être du côté du système digestif : son fonctionnement pourrait être favorisé par le malaxage du bol alimentaire par les particules de polyéthylène. L'effet bascule vers le négatif à des concentrations plus importantes de plastique, de même que si les particules sont plus petites. Dans ce dernier cas, les analyses révèlent un fonctionnement cellulaire moins bon, pour des raisons potentiellement physiques et /ou chimiques : les microparticules pourraient mécaniquement provoquer des lésions du tube digestif ; elles seraient également susceptibles de contaminer les cellules, que leur taille infime permet d'infiltrer. Quelle serait alors la nature de l'intoxication ? Les plastiques sont composés de polymères et d'additifs, dont la liste ne compte pas moins

de 4 000 substances différentes et s'allonge de façon exponentielle par leur combinaison en cocktails souvent inconnus. Pour déterminer la responsabilité des uns et des autres sur les effets observés chez l'escargot, différents scénarios d'exposition seront étudiés à base de polymères enrichis ou non d'additifs, par le chimiste du consortium ANR. La problématique devient plus complexe encore si l'on considère la faculté qu'auraient les plastiques de taille micrométrique de fixer en surface des substances chimiques telles que les HAP ou les métaux lourds, et d'en être les vecteurs dans l'organisme des escargots, voire dans celui de ses prédateurs. La poursuite des expérimentations donnera l'opportunité aux chercheurs de se pencher plus précisément sur ces questions, et de les considérer sur le cycle de vie complet du gastéropode.



Piquets inox Cylindre inox Fragments de tuiles Couverture grillagée

Dispositif d'exposition des escargots sur le terrain lors d'une campagne de bio-indication active dans les Vosges. Photo A.L. Mariet

MÉTALLURGIE : LES SCORIES TRAVERSENT LES SIÈCLES

Décidément très demandé, l'escargot promène également sa coquille sur des anciens sites miniers, afin cette fois de mesurer l'éventuelle toxicité de déchets issus d'activités métallurgiques passées. Il intervient depuis 2013 dans différents programmes de recherches pluridisciplinaires menés à Chrono-environnement, qui font appel à des spécialistes en

archéologie ou paléo-environnement, en biologie et écotoxicologie, comme Frédéric Gimbert, ou encore en géologie et minéralogie, comme Flavien Choulet. Tous deux ont notamment travaillé sur les sites de Bourgogne - Franche-Comté concernés par ces programmes. L'ancien district de Berthelange, dans le Doubs, présente les stigmates d'une métallurgie du fer datant des V^e et VI^e siècles, qualifiée d'artisanale, dont il reste des amas de scories, ou ferriers, de modestes dimensions : quelques dizaines de centimètres d'épaisseur et quelques mètres de diamètre ; En Puisaye, dans l'Yonne, les activités sidérurgiques remontent au moins à l'époque romaine (premiers siècles avant J.-C.), et étaient plus importantes : pas moins de 2 500 ferriers, où s'accumulent les scories parfois jusqu'à dix mètres de hauteur et sur une surface de plusieurs hectares, ont été recensés. Sur les deux sites, les résidus métallurgiques enfouis dans les sols varient de quelques microgrammes à plusieurs kg ; leur composition chimique et minéralogique primaire est fonction des minerais utilisés et des techniques sidérurgiques employées

à l'époque (processus de réduction directe en bas fourneaux). Avec le temps, ces scories s'altèrent par fragmentation physique et dissolution chimique, modifiant leur composition et facilitant le transfert d'éléments métalliques qui s'accumulent dans les sols des écosystèmes actuels.

« Tous les déchets miniers ou de fonderie ne se valent pas. D'abord parce que les scories ne comportent pas toutes les mêmes éléments métalliques, ensuite parce que différents paramètres interviennent dans la diffusion à l'environnement de ces éléments, qu'ils soient ou non toxiques. »

La dimension des scories est un facteur d'importance majeure : plus les fragments sont petits, plus ils présentent une surface réactive étendue avec le sol, et donc un potentiel de contamination plus élevé. « Selon les interactions qu'elles ont développées avec leur milieu, certaines scories se dotent d'une enveloppe minérale qui ralentit leur altération. Mais cette couche de protection peut aussi s'enrichir de certains éléments métalliques, qui se diffusent alors plus facilement dans les sols actuels », explique Flavien Choulet.

UN HÉRITAGE DE CONTAMINATION, MAIS PEU DE RISQUES

Manganèse, fer, cobalt..., les éléments métalliques transférés à l'environnement atteignent parfois des concentrations qui relèvent de l'anomalie, mais les études de biosurveillance avec l'escargot n'ont pas révélé de risque environnemental majeur sur les sites de Berthelange



Ferrier dans le "Bois des ferriers", Aillant-sur-Tholon (89). La stratigraphie apparente témoigne de l'accumulation de différents types de déchets métallurgiques sur plusieurs siècles. Photo Marion Berranger

En Puisaye,
dans l'Yonne,
2 500 ferriers ont
été recensés.
Les résidus
métallurgiques
s'y accumulent
parfois jusqu'à
dix mètres de
hauteur

et de Puisaye. Des résultats qui ne peuvent cependant être transposés à d'autres sites présentant des caractéristiques différentes, notamment géologiques. « Sainte-Marie-aux-Mines, dans les Vosges, était un centre d'exploitation du plomb de premier rang en Europe. Cinq cents ans après son abandon, les investigations que nous avons menées sur le site montrent un risque environnemental par endroits supérieur à celui évalué aux abords de fonderies encore récemment en activité, comme Metaleurop », souligne Frédéric Gimbert. Les chercheurs estiment ainsi qu'il est important de surveiller les sites d'exploitation minière anciens au même titre que les plus récents : « La diffusion d'éléments toxiques issus des déchets métallurgiques suit un processus comparable à celui des plastiques. Le transfert de contaminants est susceptible de se produire au terme de longs processus qui s'élaborent en réactivité avec le milieu dans lequel les déchets sont déversés. On parle ainsi « d'héritage » pour les déchets anciens et de « dette » pour les déchets émis plus récemment, comme les plastiques. Dans les deux cas, nous cherchons à mieux comprendre les processus impliqués dans le devenir des déchets pour mieux évaluer et prédire les risques environnementaux associés à leur présence à long terme dans l'environnement terrestre ».

« Le transfert de contaminants est susceptible de se produire au terme de longs processus qui s'élaborent en réactivité avec le milieu dans lequel les déchets sont déversés »



Zoom photographique sur une unité stratigraphique d'un ferrier datant du I^{er} s. ap. J.-C. et contenant de nombreux fragments de scories scellés par des résidus de minéral. Photo Marion Berranger

NUCLÉAIRE : L'ÉPREUVE DU TEMPS

Le temps long, c'est aussi celui des déchets radioactifs, c'est même un bel euphémisme pour qualifier ceux dont la période radioactive est estimée à plusieurs centaines de milliers d'années. La France, deuxième pays producteur d'électricité atomique après les États-Unis, est particulièrement concernée par le traitement des déchets de haute activité et à vie longue (HAVL). Le projet de création du Centre industriel de stockage géologique (Cigéo), qui devrait assurer leur stockage de manière sûre dans le temps, est en réflexion depuis de nombreuses années. Une lente maturation à la mesure de l'enjeu.

Le projet prévoit l'enfouissement des déchets HAVL à quelque 500 mètres de profondeur, dans des containers placés dans une couche de roche argileuse étanche, un dispositif conçu pour durer sans qu'une surveillance apparaisse nécessaire au-delà du premier siècle de son existence. Le site pressenti pour ces installations souterraines est situé



dans l'Est du pays, à la limite des départements de la Meuse et de la Haute-Marne.

Hors de la vue, hors de la vie... pourra-t-on pour autant oublier l'existence de ces tonnes de déchets radioactifs ? Et est-ce souhaitable ? « Ces temporalités sont tellement inédites qu'on peut légitimement se demander si ces déchets, qu'ils soient enfouis ici ou ailleurs, ne se rappelleront pas un jour aux générations futures », estime Laetitia Ogorzelec-Guinchard au Laboratoire de sociologie et d'anthropologie de l'université de Franche-

Comté. Qui sait si des recherches archéologiques ou des prospections géologiques ne mettront pas un jour en péril une sécurité si bien étudiée ? Et qui sait si des technologies ne permettront pas un jour de tirer profit de ces déchets pour en faire de nouvelles sources d'énergie ? Pour ces raisons, parmi d'autres sans doute, laisser nos descendants dans l'ignorance paraît être une erreur.

Se pose alors la question : comment faire pour assurer la transmission d'une mémoire sur des centaines de milliers d'années et à l'ensemble de la planète, la radioactivité n'ayant pas de frontière ? Pour y répondre, des structures telles que l'Agence nationale pour la gestion des déchets radioactifs (ANDRA) ont participé au programme international RK&M (*Preservation of Records, Knowledge and Memory across generations*) porté par l'AEN (Agence pour l'énergie nucléaire) de 2011 à 2019. Ce programme prévoyait la création d'une « boîte à outils » mémorielle, à laquelle chaque pays concerné pourrait recourir selon

ses besoins. Les archives, les sociétés d'histoire locales, les musées, le patrimoine culturel immatériel, les capsules temporelles, les systèmes de contrôle d'activité des terres figurent pêle-mêle au nombre des 35 mécanismes constituant la boîte à outils, identifiés comme capables de créer un système de transmission de la mémoire dans le temps et l'espace.

Comment faire
pour assurer la
transmission de
la mémoire de
l'enfouissement
des déchets
radioactifs sur
des centaines de
milliers d'années
et à l'ensemble
de la planète ?

QUESTIONNEMENTS AUTOUR D'UNE BOÎTE À OUTILS MÉMORIELLE

Quand Laetitia Ogorzelec-Guinchard découvre l'existence de ce programme mémoire, elle constate que les ingénieurs se posent des questions d'ordre anthropologique à propos de ces mécanismes. La transmission est l'un des sujets d'étude phares du LASA : la sociologue propose de mettre cette compétence au service du projet. C'est le début d'une aventure peu commune, à laquelle se joignent des spécialistes d'autres disciplines à l'université de Franche-Comté. « L'objectif était de faire un retour critique sur les choix opérés, vus sous l'angle des sciences humaines. » L'intérêt du patrimoine industriel comme vecteur de transmission est par exemple à nuancer, selon la socio-anthropologie : « L'emblème d'une activité ou d'une époque, comme certains bâtiments industriels, peut apparaître représentatif de l'identité d'un territoire, et à ce titre porteur de mémoire. Ce n'est pas si évident, parce que tout le monde n'a pas le même vécu, le même rapport à cet emblème patrimonial. Son ressenti peut être très négatif pour certains. Dès lors qu'il ne fait pas l'unanimité, il assure difficilement un rôle de transmission. »

En revanche, le conflit développé autour de cet élément peut être un très bon vecteur de transmission, car tout un groupe d'individus en porte la mémoire sur le long terme. Cette question spécifique des relations entre oppositions et mémoire est au cœur d'une thèse débutée à la rentrée 2021 au LASA : les questionnements se poursuivent pour compléter les conclusions principales que les scientifiques, au terme de trois ans de travail, sont prêts à rendre à l'ANDRA.

BIORÉCUPÉRATION DE MÉTAUX

Les déchets électroniques et les boues des stations d'épuration sont riches en métaux de toutes sortes, que des chercheurs en microbiologie de l'université de Neuchâtel s'emploient à récupérer grâce à l'intervention de micro-organismes.

« L'exploitation des propriétés des micro-organismes à modifier la solubilité des métaux pour des applications biotechnologiques remonte à ces vingt dernières années, c'est un domaine en rapide expansion », raconte Saskia Bindschedler au laboratoire de microbiologie de l'université de Neuchâtel. « Cela échappe à notre œil, mais à toute petite échelle, le sol est profondément dynamique et hétérogène, constamment en train de changer ; le micro-organisme interagit avec le vivant aussi bien qu'avec le minéral, s'adapte à son environnement et le régule. »

C'est un catalyseur de réaction chimique, capable de solubiliser un élément pour que les plantes puissent s'en nourrir, aussi bien que le rendre solide s'il s'avère toxique pour elles. Un micro-organisme capture des nutriments et des résidus pour les stocker, selon des mécanismes et des conditions que les chercheurs neuchâtelois s'efforcent de mieux connaître, pour à leur tour pouvoir s'en saisir. Récupérer des éléments métalliques dans les déchets n'est pas anecdotique, bien au contraire : « Une région industrielle, et surtout horlogère comme celle de La Chaux-de-Fonds, génère des rejets à forte concentration de métaux, y compris d'or. À l'échelle mondiale, certaines boues d'épuration sont réputées aussi riches en or que les mines qui continuent à être exploitées aujourd'hui. » Et un élément

comme le lithium, qui n'est pour l'instant que peu recyclé par des méthodes durables, est également ciblé par les recherches neuchâteloises.

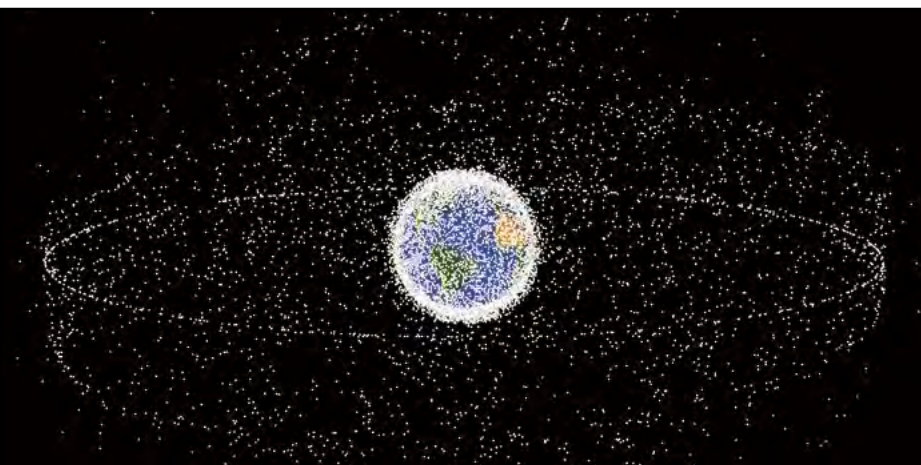
Saskia Bindschedler estime qu'il faudra une dizaine d'années avant que les « mini-usines » que sont susceptibles de devenir les micro-organismes soient exploitables de façon industrielle et viables d'un point de vue économique. L'extraction minière est pour l'instant moins onéreuse que le recyclage des métaux, mais son coût écologique n'est pas pris en compte dans cette estimation. D'un autre côté, les méthodes actuelles de recyclage s'avèrent relativement polluantes. Une solution durable telle que celle préconisée par le laboratoire de microbiologie devrait à terme prendre toute sa place dans le concept d'*Urban Mining* portant sur le recyclage des métaux.

DÉBRIS SPATIAUX : DES POUBELLES EN ORBITE

L'alerte vécue en novembre dernier par la Station spatiale internationale, qui a failli être percutée par d'importants débris spatiaux, a rappelé avec angoisse la situation : on commence à manquer de place à certains endroits de l'espace. Fragments de panneaux solaires, restes de fusées, satellites abandonnés..., du plus petit au plus gros, tous ces débris tournent par milliers en orbite autour de la Terre sans qu'il y ait grand

monde pour les ramasser.

Des solutions sont étudiées : désintégration dans l'atmosphère des satellites devenus inutiles après les avoir programmés pour un demi-tour vers la Terre, évacuation des débris vers une orbite lointaine transformée en poubelle de l'espace, création d'une usine spatiale de traitement des déchets... Cependant le problème risque de s'amplifier au fil des années, en raison notamment du droit acquis par les sociétés privées à accéder à l'espace et à y développer de nouveaux projets technologiques.



Les débris spatiaux autour de la Terre - © NASA

L'objectif des économistes est de fournir des moyens d'aide à la décision pour la récupération de fonds à allouer à la recherche technologique sur le traitement des déchets spatiaux

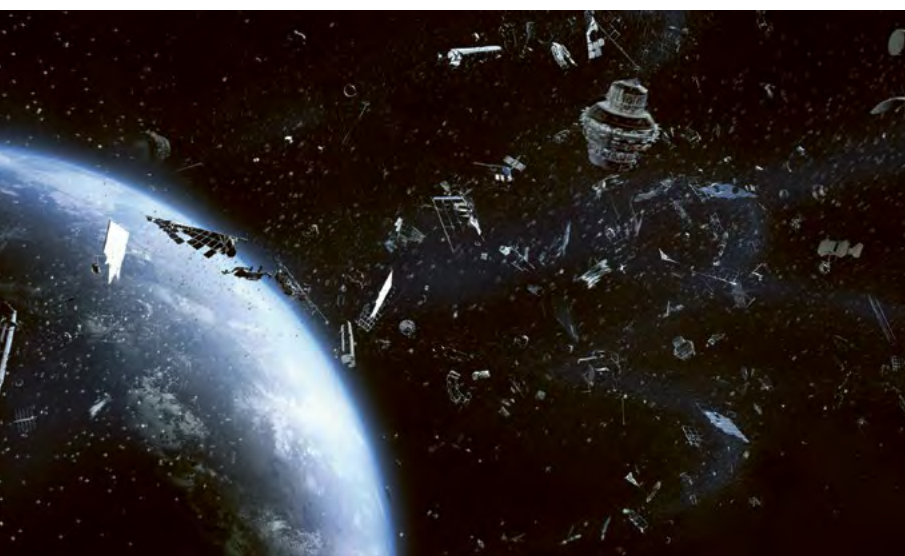
Aujourd'hui, environ 4 000 satellites sont actifs dans le ciel. Demain, des dizaines de milliers de satellites vont rejoindre l'espace, plus exactement les orbites basses de la Terre, celles qui sont déjà les plus polluées. « Ces satellites à brève durée de vie, fabriqués en grande série à faible prix, sont susceptibles de se transformer en volumes gigantesques de débris spatiaux », expliquent Marc Deschamps et Lionel Thomas, enseignants-chercheurs en économie à l'université de Franche-Comté, qui avec quelques collègues au Centre de recherche sur les stratégies économiques (CRESE) sont encore rares à travailler sur cette nouvelle problématique. À l'international, ils se comptaient sur les doigts d'une seule main il y a encore cinq ou six ans ; aujourd'hui, la communauté des économistes intéressés par le domaine commence tout juste à s'étoffer, devançant des interrogations qui ne manqueront pas de se poser dans les prochaines années. Leurs recherches font l'objet de premiers colloques, *workshops* ou publications, et les travaux pionniers des chercheurs du CRESE acquièrent peu à peu notoriété et visibilité au sein de la communauté scientifique internationale.

« Les mégaconstellations de satellites sont l'un de nos objets de recherche actuels. Nous travaillons sur les mécanismes de taxes qui pourraient aider à limiter la prolifération des débris que leur envoi va générer dans l'espace. » Il s'agit donc d'éviter d'ajouter de nouveaux déchets, pour contenir la dimension du problème. Il faudra également, par la suite ou simultanément, veiller à éliminer la pollution existante. L'objectif des chercheurs est de fournir aux responsables des moyens d'aide à la décision, de proposer différents scénarios prévoyant la récupération de

fonds à allouer à la recherche technologique pour le traitement des déchets spatiaux. C'est un nouveau domaine d'application pour les modèles et les projections en économie, dont une adaptation ne saurait cependant suffire : se montrer créatif est nécessaire pour trouver les solutions les plus en phase possible avec cette problématique particulière. « Il ne faut pas sous-estimer l'importance que l'espace a pris dans nos sociétés et ignorer qu'en ce domaine, les choses vont très vite. »

La pollution lumineuse est un dégât corollaire également à rappeler.

Des astronomes estiment que des dizaines de milliers de satellites et de débris spatiaux réfléchissant la lumière du Soleil pourraient à l'avenir priver la Terre de l'obscurité profonde du ciel nocturne.



LA FORÊT, UNE NATURE CONTROVERSÉE

¹ Ce sont des *rémanents*, définis comme étant des sous-produits non marchands : branches, cimes..., qui restent à terre après l'exploitation (Bastien et Gauberville, *Vocabulaire forestier*, CNPF, 2011).

² Gobat J.-M., Aragno M., Matthey W., *Le sol vivant. Bases de pédologie. Biologie des sols*, EPFL Press, 2010.

Si les déchets sont le fait de l'activité humaine et souillent l'environnement, la nature elle-même ne produit-elle pas ses propres déchets, qui peuvent aussi nous être désagréables ? Que dire par exemple des branches et des troncs d'arbres morts, enchevêtrés dans les forêts ou s'amoncelant à leur lisière, faisant parfois paraître celles-ci en bien piteux état ? Le terme de déchets¹ ne saurait en réalité être employé ici, quand bien même un tel désordre pourrait agacer l'œil, parce qu'il s'agit à proprement parler de matière organique, destinée à rejoindre un cycle biologique naturel.



Photo Karim Celep - Unsplash

Par le passé, on tirait profit des forêts quasi intégralement, de la coupe du bois pour la construction des habitations au ramassage des feuilles servant à la confection de litières pour les animaux, en passant par la transformation des branchages en charbon ou encore le pâturage du bétail. Une exploitation intense, qui de fait laissait les lieux impeccables. Une époque plus récente, conservant la mémoire de forêts propres et ordonnées, a vu les restes de bois être évacués ou brûlés sur place, pour que les forêts conservent leur belle allure. Aujourd'hui, le discours est différent. Guidée par de nouvelles priorités, une prise de conscience s'opère, nourrie par les conclusions d'études menées depuis une vingtaine d'années. L'appauvrissement et l'acidification de certains sols ne font aujourd'hui plus aucun doute. Les dégâts causés par la mécanisation, qui se développe pour les besoins de la filière bois-énergie avec une multiplication du nombre d'engins intervenant en forêt, sont également avérés. Ces raisons incitent à vouloir laisser profiter la forêt des avantages qu'elle peut tirer de ses propres ressources.

« LA FORÊT PROPRE, UN NON-SENS ÉCOLOGIQUE »

Les branchages accumulés servent de tapis de protection pour prévenir le tassement du sol au passage des engins ; leur décomposition est une source de nutriments bénéficiant à l'ensemble de l'écosystème et des chaînes alimentaires. « Le sol profite de cet apport, les végétaux font preuve d'une meilleure croissance, les insectes

pondent, se nourrissent et vivent dans le bois mort, la nourriture des oiseaux et des micromammifères est assurée ; l'activité biologique de la forêt se diversifie, bénéficiant jusqu'aux carnivores », explique Éric Lucot, pédologue au laboratoire Chrono-environnement. Le chercheur souligne aussi que les branches des houppiers non démantelés protègent les jeunes pousses des herbivores, comme les chevreuils ou les cerfs, et que la couche végétale qui s'accumule sur le sol limite l'évaporation, assurant un maintien de l'humidité bienvenu à notre époque.

« Tous ces enjeux n'étaient pas prioritaires par le passé, on redécouvre aujourd'hui l'intérêt et l'importance de laisser les forêts bénéficier de la matière organique qu'elles produisent par elles-mêmes ou sous l'influence de l'activité humaine. » Une fois n'est pas coutume, l'intérêt environnemental rejoint dans une certaine mesure l'intérêt économique : avec la mécanisation, l'exploitation forestière fait l'impasse sur le nettoyage, et envoyer des engins pour extraire quelques arbres morts ici et là dans les parcelles n'est guère rentable. Autre avantage à laisser les forêts vivre leur vie : le bois mort représente un stock de carbone important, emprisonné à long terme, surtout avec des essences, qui, comme le chêne, se décomposent très lentement. Ces forêts, qui ne sont donc qu'en apparence mal entretenues, peuvent provoquer l'étonnement, le mécontentement, voire scandaliser. Éric Lucot résume les arguments qui justifient l'évolution des pratiques par ces mots empruntés à des collègues neuchâtelois : « La notion de « forêt propre », c'est-à-dire débarrassée de son bois mort et de ses arbres dépérissants, est un non-sens écologique »².

Contacts :

Laboratoire Chrono-environnement
UFC / CNRS

Frédéric Gimbert / Flavien Choulet
Tél. +33 (0)3 81 66 57 75 / 64 35
frederic.gimbert@univ-fcomte.fr
flavien.choulet@univ-fcomte.fr

Éric Lucot
eric.lucot@univ-fcomte.fr

Centre de recherche sur les stratégies économiques – CRESE

Université de Franche-Comté
Marc Deschamps / Lionel Thomas
Tél. +33 (0)3 81 66 68 91
marc.deschamps@univ-fcomte.fr
lionel.thomas@univ-fcomte.fr

Laboratoire de sociologie et d'anthropologie – LASA

Université de Franche-Comté
Laetitia Ogorzelec-Guinhard
laetitia.ogorzelec@gmail.com

Laboratoire de microbiologie

Université de Neuchâtel
Saskia Bindschedler
Tel: +41 (0)32 718 22 52
saskia.bindschedler@unine.ch



EN DIRECT

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

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

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

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

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

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

École nationale supérieure de mécanique et des microtechniques^{1/2}

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

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

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

Établissement français du sang Bourgogne - Franche-Comté

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

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

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