

en direct

LE JOURNAL DE LA RECHERCHE ET DU TRANSFERT DE L'ARC JURASSIEN - NUMÉRO 282 - MAI - JUIN 2019



GRAND FORMAT [URGENCE ENVIRONNEMENT]

LA BIODIVERSITÉ A DU PLOMB DANS L'AILE

ACTUALITÉS

LIPSTIC, SAISON 2

ACTUALITÉS

1 + 1 = 2 MÉDAILLES DE BRONZE CNRS
POUR FEMTO-ST

ANNIVERSAIRE [TECHNO]

L'UTBM FÊTE SES 20 ANS

CARABE

SAUTERELLE

CUMIN DES PRÉS

FOURMI

TRÈFLE BLANC

ABEILLE

RAY-GRASS

MÉSANGE

AGLAIS URTICAE



EN DIRECT

NUMÉRO 282 - MAI - JUIN 2019

3 | ACTUALITÉS

- Habiter la Terre autrement
- LipStic, saison 2
- 1 + 1 = 2 médailles de bronze CNRS pour FEMTO-ST
- Doxilog : la littérature pour apprendre le français
- Filtration optimale pour le traitement de l'eau
- Plantes en bocaux
- Certaines décisions se jouent aux cartes
- Étudiants en contact avec l'entreprise

11 | TERRAIN [D'OBSERVATION]

La zone atelier Arc jurassien prend de l'envergure

12 | ANNIVERSAIRE [TECHNO]

L'UTBM fête ses 20 ans

14 | OBJET [DÉTOURNÉ]

Coquilles d'escargots recyclées pour la chimie

16 | GRAND FORMAT [URGENCE ENVIRONNEMENT]

La biodiversité a du plomb dans l'aile



MOINEAU EUROPÉEN

MÉLIBÉE
COENONYMPHA HERO

CARABE

NEHALENNIA SPECIOSA

VER DE TERRE

LOTIER CORNICULE

VANESSE CARDUI

GRILLON CHAMPÊTRE

MUSARAIGNE

PUBLICATION

HABITER LA TERRE AUTREMENT



Il est grand temps que l'Homme se réconcilie avec la nature, et pour cela il doit aussi se réconcilier avec lui-même. Ignorant qu'il allait ainsi devenir sa propre menace, l'Homme a pris en otage son environnement, asseyant sa position au-dessus des autres espèces, usant et abusant de ressources qu'il pensait inépuisables. Mais ce mode de relations entre les hommes et la nature semble bien être le miroir des relations que les humains ont développé entre eux. « Une crise écologique reflète d'une crise de l'Homme », le parallèle est mené par Michel Magny, directeur de recherche CNRS en paléoclimatologie à l'université de Franche-Comté, auteur de l'ouvrage *Aux racines de l'Anthropocène*.

Si l'Anthropocène est bien cette récente période dans laquelle nous sommes entrés avec la révolution industrielle, s'il est bien cette monstrueuse anomalie où, pour la première fois dans l'histoire de la planète, l'être humain a pris le pas sur la nature

comme facteur de bouleversement, les racines du mal qui pourrait emporter tout à la fois l'Homme et l'écosystème terrestre sont à chercher bien plus loin dans son histoire. Une démonstration étonnante, nourrie des apports des travaux de très nombreux scientifiques, et qui suggère que trouver les clés pour sortir de la crise, c'est choisir d'habiter la Terre autrement.

LE MODÈLE DE LA MODERNITÉ PRÉFIGURE L'ANTHROPOCÈNE

Les chasseurs-cueilleurs du paléolithique¹ avaient adopté un régime d'autosuffisance et une organisation susceptibles de répondre à des besoins bien identifiés. Peu d'échanges, pas de dette ni donc de dépendance : ces conditions étaient le gage de « sociétés relativement pacifiques et économiquement égalitaires ». L'art pariétal, emblématique de cette période, témoigne d'une vision du monde excluant toute

forme de hiérarchie entre les hommes et les animaux. L'Homme quitte ce relatif équilibre voilà quelque 11 000 ans, à l'avènement du néolithique et du développement d'une économie de production avec l'agriculture et l'élevage.

Se nourrir signifie désormais travailler, et la constitution de stocks génère compétition et parfois violence pour accéder aux ressources. L'échange et la richesse posent bientôt les bases de nouveaux fonctionnements sociaux. C'est au néolithique qu'apparaissent la domination politique, bientôt aux mains d'élites, et le pouvoir économique, fondé sur des relations de créancier à débiteur, l'ensemble amenant, avec l'accroissement des populations, à la constitution des premiers États. Les techniques se développent, encouragées par une stratification sociale auparavant peu marquée. « Tout est en place pour que se créent de nouvelles relations Homme/Environnement. »

Issue de l'Antiquité et du christianisme, lequel propose une vision très anthropocentrique de la nature, la Modernité naît avec la Renaissance puis s'inspire de l'esprit libéral des Lumières. Dès le milieu du XV^e siècle, les Européens, par le biais de la conquête du Nouveau Monde et de la colonisation, imposent le modèle occidental à l'ensemble de la planète. La fin du XVIII^e siècle marque définitivement le passage d'un monde agricole et artisanal à un monde tourné vers le grand commerce et l'industrie.

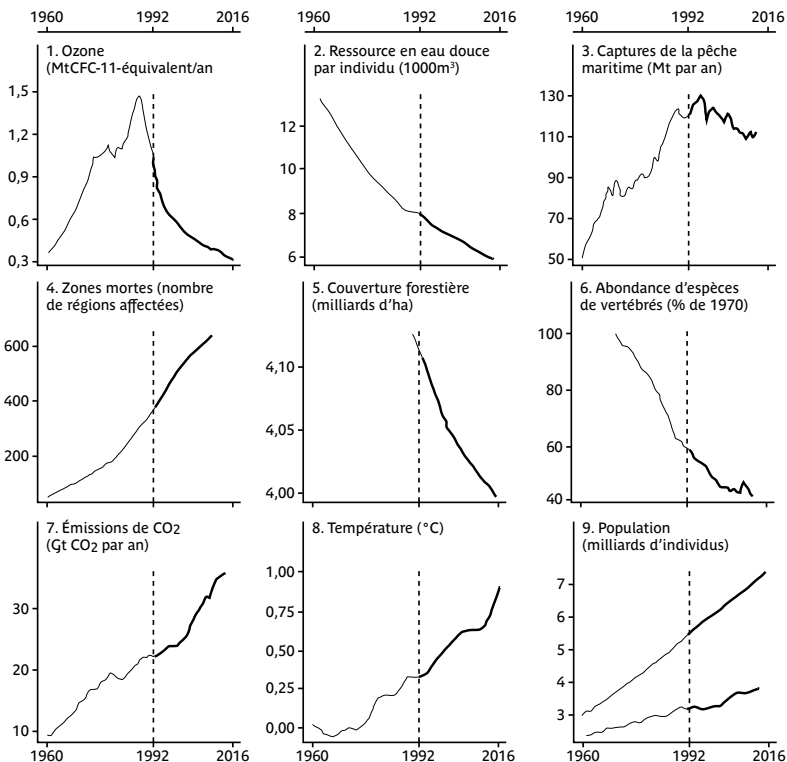
C'est aussi ce passage qui marque les débuts de l'Anthropocène, terme défini au début des années 2000 par le prix Nobel de chimie Paul Crutzen. Dès lors, les activités humaines, favorisées par la pression démographique et le développement technologique,

¹ Paléolithique supérieur : 45 000 à 12 000 BP (before present)

auront une répercussion sans précédent sur l'équilibre des écosystèmes. Le phénomène s'accroît depuis 1950, début d'une période nommée Grande Accélération, avec un accroissement sans précédent de la production économique.

EN FINIR AVEC LA DOMINATION DE L'ÉCONOMIE

La population de la Terre en 1700 est estimée à 700 millions d'habitants, atteint 1 milliard en 1800, 4,4 milliards en 1980, 6 milliards en 2000 et 7 milliards 15 ans après. L'Homme domine la planète comme jamais auparavant, menaçant la survie des autres espèces dans une compétition sans merci et un paysage complètement transformé et artificialisé. À la pression démographique s'ajoute la pression consumériste. Pour n'en citer qu'un exemple, dans le monde occidental, 3 à 4 kg de poisson étaient consommés par personne en 1950, 20 kg aujourd'hui. Le trafic aérien a été multiplié par 4 en 20 ans. Les inégalités entre humains se creusent, exacerbant les tensions. Les deux limites planétaires les plus cruciales que sont le climat et la biodiversité sont en passe d'être franchies, menaçant de faire basculer les écosystèmes hors de leur trajectoire naturelle. On sait que les dérèglements observés aujourd'hui peuvent avoir des conséquences destructrices à très long terme. Le décalage entre hausse des températures, taux de CO₂ dans l'atmosphère et temps de réponse du niveau des mers laisse par exemple craindre que, passé un seuil critique d'émissions, la montée des eaux se poursuive pendant 10 millénaires après une première phase de hausse accélérée. La question du réchauffement climatique, pas



Évolution et bilan de la situation planétaire à partir de 9 indicateurs (d'après Ripple et al., 2018, modifié). La partie des courbes en gras souligne l'évolution pour la période 1992-2016, après une première alerte publiée par la communauté scientifique à l'occasion du sommet de la Terre de Rio de Janeiro. Excepté pour l'ozone, la pente suivie par toutes les courbes montre sans ambiguïté la poursuite inexorable de l'évolution antérieure à 1992 : la Grande Accélération progresse toujours.

plus que celle de la biodiversité, ne saurait être résolue par la technologie et l'ingénierie. Il s'agit pour l'auteur « de venir au cœur du problème, de s'interroger sur notre modèle de développement économique et technologique issu de la Modernité. » Si le modèle des sociétés paléolithiques n'est plus prolongé que par quelques ethnies à travers le monde, il porte néanmoins des enseignements dont il est possible de s'inspirer : briser la verticalité qui conduit à la destruction de la nature et des sociétés, mettre fin au mythe de la croissance infinie et enfin admettre la réalité terrestre et ses limites. « Bifurquer pour éviter l'effondrement implique une vraie

rupture avec l'économie et sa prééminence, et signifie redonner vie au politique. » En novembre 2017, dans la revue *Bioscience*, 15372 scientifiques de 184 pays signaient ensemble un article, un appel se concluant par ces mots : « Il sera bientôt trop tard pour dévier de notre trajectoire vouée à l'échec, et le temps presse. » Le livre de Michel Magny met au service de tous et de cette cause un large éventail de connaissances, de démonstrations et de réflexions pour comprendre le phénomène anthropocène, et espérer trouver la clé vers un monde différent.



Magny M., *Aux racines de l'Anthropocène - Une crise écologique reflète d'une crise de l'Homme*, Éditions Le bord de l'eau, 2019

SANTÉ PUBLIQUE

LIPSTIC, SAISON 2

Élu en 2011 au titre du Programme investissements d'avenir (PIA), le LabEx LipSTIC¹ vient d'être renouvelé pour une période de cinq ans, après évaluation par un jury international. LipSTIC mobilise des équipes de recherche de Besançon et Dijon, ainsi que des entreprises, autour d'une idée novatrice en santé : l'utilisation des lipides dans la prévention et le traitement des maladies inflammatoires et du cancer.

Depuis longtemps reconnus pour leur responsabilité dans le développement des maladies cardiovasculaires, les lipides jouent aussi un rôle dans celui des maladies inflammatoires et du cancer. Au centre de recherche Lipides, nutrition, cancer à l'université de Bourgogne, Laurent Lagrost était l'un des premiers à croire à ce qui n'était alors qu'une hypothèse. En 2011, il met en œuvre puis coordonne le projet LipSTIC, jusqu'en janvier 2017, en collaboration directe avec Philippe Saas, directeur du laboratoire bisontin Interactions hôte-greffon-tumeur & ingénierie cellulaire et génique. Aujourd'hui responsable de LipSTIC, Philippe Saas est secondé par Carmen Garrido, qui a succédé à Laurent Lagrost à la tête de l'équipe dijonnaise, et par Jérôme Labbé, chef de projet et collaborateur de la première heure. Pas moins de 300 personnes gravitent autour de LipSTIC, représentant une vingtaine d'équipes de recherche, non seulement en santé mais aussi en sciences humaines et sociales. Les CHU de Besançon et de Dijon sont également impliqués, et notamment leurs centres d'investigation clinique (CIC 14-31 et 14-32), pour le suivi de plusieurs cohortes de patients. Les biotechs locales MED'INN'Pharma, Lymphobank, NVH Medicinal et Nexidia sont les partenaires industriels de ce projet doté par l'État, et qui

continue à recevoir en parallèle un fort soutien financier de la part de la Région Bourgogne-Franche-Comté.

MOBILISATION AUTOUR DES LIPOPROTÉINES

Les lipoprotéines transportent des composés lipidiques dans le sang : l'objectif de LipSTIC est d'utiliser ce vecteur à des fins de prévention, de diagnostic et de traitement. Les lipoprotéines acheminent par exemple du cholestérol vers les cellules cancéreuses, qui s'en nourrissent pour se multiplier : il devient envisageable de neutraliser le taux de cholestérol avant qu'il favorise la prolifération de tumeurs ; il devient également possible de transporter par cette voie les molécules utilisées en chimiothérapie au cœur des cellules cancéreuses, et d'elles seules.

LipSTIC inscrit à son actif le dépôt de 21 brevets, la publication de près de 270 articles scientifiques, la naissance de la *start-up* MED'INN'Pharma, la création de plus de 60 emplois, et l'ouverture d'un master international en anglais, LipTherapI. LipSTIC, c'est aussi une plateforme lipidomique de niveau international, coordonnée par Jean-Paul Pais de Barros, autour de laquelle se développent des interactions avec les universités les plus prestigieuses et des entreprises. C'est aussi



Lucile mystérieuse ou le combat contre le cancer, de Lorraine Joly et Charlotte Cornudet - © Université de Bourgogne / Éditions universitaires de Dijon - 2016 - Tous droits réservés.

l'organisation de colloques et l'animation de réseaux scientifiques d'envergure internationale, et des actions de communication auprès du grand public.

Stimulée par des projets novateurs en recherche comme en formation, par un soutien prorogé par les institutions, et par la motivation et l'implication de ceux qui la font vivre au quotidien, l'aventure LipSTIC va se poursuivre selon un scénario renouvelé, de 2020 à 2024.

¹ LabEx LipSTIC : Laboratoire d'excellence Lipoprotéines et santé : prévention et traitement des maladies inflammatoires et du cancer.

Contact :
LabEx LipSTIC
Philippe Saas
Tél. +33 (0)3 80 39 33 52
philippe.saas@efs.sante.fr
www.labex-lipstic.fr

TAPIS ROUGE

1 + 1 = 2 MÉDAILLES DE BRONZE CNRS POUR FEMTO-ST

Deux médailles de bronze la même année, c'est un palmarès hors du commun pour un institut de recherche. Deux médailles 2019 décernées par le CNRS à FEMTO-ST et à deux de ses éminentes spécialistes, chacune récompensée pour « un premier travail prometteur dans son domaine » : Aude Bolopion, en micro- et nanorobotique biomédicale, et Nadia Yousfi Steiner, pour le diagnostic et le pronostic des piles à combustible.

AUDE BOLOPION DÉPLACEMENT, À DISTANCE, D'OBJETS À PEINE VISIBLES



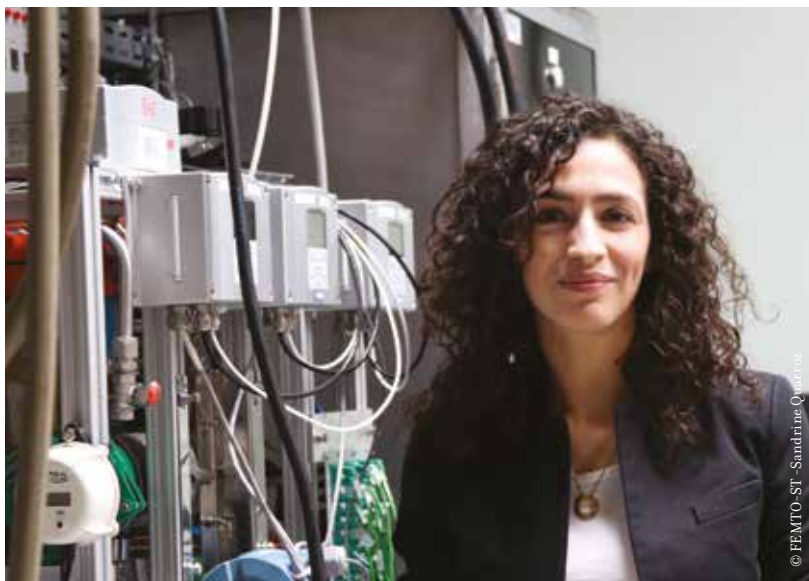
Actionner, sans les toucher, des objets de si petites dimensions qu'il est quasi, voire carrément impossible de les distinguer à l'œil nu, constitue de véritables défis pour Aude Bolopion et son équipe du département AS₂M. La prouesse est du ressort de la microrobotique, un domaine encore neuf dont l'équipe bisontine est le chef de file et l'une des rares spécialistes en France. Pas moins de huit doctorants, des post-doctorants et des stagiaires, encadrés par des chercheurs chevronnés, œuvrent aux côtés d'Aude Bolopion : cette médaille, c'est aussi un peu leur. Leur champ d'investigation se concentre sur des objets de

dimension de 10 µm à 1 mm, pour lesquels toutes les forces de déplacement s'exercent à distance, par champs magnétiques, électriques ou acoustiques, ou encore grâce à l'action d'un laser. Autant d'effets physiques à dompter pour réussir à faire se déplacer un objet et s'affranchir des frottements, adhésions et autres contraintes inhérentes à tout mouvement dans un environnement donné. Les expérimentations, après simulation, sont menées à l'air ambiant, dans l'eau, ou à l'interface entre air et eau. Si les champs électriques, magnétiques et acoustiques appliqués dans l'un de ces contextes agissent sur les objets eux-mêmes, le laser,

à l'interface air/eau, produit un effet thermique mettant en mouvement la surface du liquide, qui entraîne les objets. Des billes de 500 µm sont ainsi promenées sur l'eau selon un itinéraire décidé par les chercheurs. Un nouveau défi consiste aujourd'hui à déplacer des objets de manière indépendante dans un même espace. « Différents procédés sont en cours de tests, explique Aude Bolopion. L'un d'eux propose, à partir de deux plans d'électrodes générant des champs électriques à des hauteurs différentes, de faire se croiser les objets ». Ces méthodes d'actionnement à distance permettent d'agir dans des milieux très encombrés, et à grande vitesse. Elles sont particulièrement intéressantes pour l'assemblage de composants électroniques, et plus encore pour les applications biomédicales. « Nous travaillons aujourd'hui sur le tri et l'isolement de cellules, qui constituent un véritable enjeu pour la médecine du futur. » Outre sa valeur intrinsèque, la médaille de bronze décernée à Aude Bolopion, s'ajoutant à celle obtenue en 2011 par Michaël Gauthier dans la même équipe, assoit la reconnaissance de la microrobotique comme discipline scientifique à part entière.

NADIA YOUSFI STEINER DIAGNOSTIC ET PRONOSTIC DES SYSTÈMES PILES À COMBUSTIBLE

Les systèmes piles à combustible (PAC) s'alimentent d'hydrogène qu'ils transforment en électricité à la demande. Ils sont particulièrement intéressants pour la production propre et durable d'énergie, aussi bien en mode stationnaire, notamment pour la production simultanée d'électricité et de chaleur (cogénération) pour l'habitat et le tertiaire, que pour les transports, qui présentent des contraintes particulières en termes de volume embarqué et de résistance aux sollicitations. Les systèmes piles à combustible ont cependant à s'affranchir de problèmes de fiabilité et de longévité. C'est là tout l'enjeu des recherches que mène Nadia Yousfi Steiner au sein de l'équipe SHARPAC, au département Énergie : le diagnostic, grâce à la détection, l'isolation et l'identification des défauts permet d'améliorer la fiabilité des systèmes ; le pronostic, en anticipant leur fonctionnement, de prolonger leur durée de vie. Les modules de diagnostic et de pronostic sont couplés à des modules de décision et de contrôle, qui, en utilisant les moyens de l'intelligence artificielle, donnent la capacité aux systèmes de se gérer de manière optimale. « Ces modules reconfigurables constituent les bases de systèmes résilients, c'est-à-dire tolérants aux défauts et résistants à la dégradation. Ils représentent un sujet encore peu exploré au niveau national et international », explique Nadia Yousfi Steiner. La problématique générale s'articule autour de la description, par les mathématiques, des nombreuses lois physiques impliquées dans



le fonctionnement des PAC, d'approches d'intelligence artificielle pour la modélisation de certains phénomènes, et de méthodes fondées sur le traitement du signal. Après plusieurs années d'exercice en Allemagne, Nadia Yousfi Steiner revient à la recherche académique en 2014, à l'Institut FEMTO-ST où elle avait passé sa thèse en 2009, motivée par le besoin d'approfondir ce genre de problématiques autant que de participer à une mission de diffusion scientifique et de formation des étudiants. Tout juste cinq ans se sont passés avant qu'elle se voie décerner la prestigieuse récompense du CNRS. « Cette médaille est une distinction, un honneur pour moi et une reconnaissance pour toute l'équipe. C'est un bel encouragement à poursuivre les recherches en cours, en apportant des réponses scientifiques à des problématiques réelles. Innover est la clé pour trouver les solutions de rupture nécessaires à l'établissement de nouveaux paradigmes, pour une transition énergétique réussie. »

Contacts :
Institut FEMTO-ST
UFC / ENSMM / UTBM / CNRS

Département AS2M
Aude Bolopion
Tél. +33 (0)3 81 40 29 25
aude.bolopion@femto-st.fr

Département Énergie
Nadia Yousfi Steiner
Tél. +33 (0)3 84 58 36 67
nadia.steiner@femto-st.fr

LANGUE ET CULTURE

DOXILOG : LA LITTÉRATURE POUR APPRENDRE LE FRANÇAIS



Vingt textes en vers, vingt textes en prose : c'est à partir de ce corpus qu'Yves Bordet a identifié les 1500 mots les plus courants de la langue française. Des textes tous issus de la littérature, qui, loin d'être considérée comme difficilement accessible, est au contraire jugée par le chercheur comme le moyen le plus simple d'accéder à une bonne connaissance de la langue française. « On a longtemps attribué cette facilité au langage véhiculé par la presse,

qui en réalité est spécialisé et varie en fonction des sujets. » Pour le chercheur, la littérature propose le langage le plus universel qui soit, et c'est elle que l'application Doxillog met en avant pour l'apprentissage du français. L'application Doxillog a été techniquement

développée par l'association éponyme, après mise au point au Centre Tesnière / CRIT de l'université de Franche-Comté. « Offrir un outil numérique répond au souhait de garantir un accès facile et au plus grand nombre à des textes de littérature porteurs d'enseignements. » Les critères de sélection ? Des textes de qualité, témoignant de la richesse de la littérature française de toutes les époques, de Ronsard à Rimbaud, de Corneille à Aragon, et traduits

dans les langues déclarées internationales par l'ONU, gage supplémentaire de leur universalité. Outre ses vertus pédagogiques, l'anthologie constituée de 158 textes représente une immersion culturelle bienvenue pour les francophones comme pour ceux qui souhaitent ou ont besoin d'apprendre le français. L'application propose également un module pour analyser d'autres textes, choisis par exemple par un enseignant, par simple copier/coller, un moyen utile et facile de déterminer leur niveau de langage en français langue scolaire et français langue étrangère. Doxillog est accessible aux personnes non-voyantes, grâce au travail réalisé par un ingénieur de l'EPFL à la bibliothèque sonore de Lausanne. Enfin, Doxillog dépasse le cadre de la francophonie pour décliner son principe à différentes langues : des versions de l'application en anglais, russe, chinois et arabe sont d'ores et déjà opérationnelles, d'autres sont en cours d'élaboration.

Contact :
Centre Lucien Tesnière / CRIT – Centre de recherches interdisciplinaires et transculturelles - UFC
Yves Bordet
Tél. +41 (0)21 922 74 39
ybordet@valsainte.ch
www.doxilog.com

CRÉATION D'ENTREPRISE

FILTRATION OPTIMALE POUR LE TRAITEMENT DE L'EAU

Originaire de Russie, c'est à Besançon qu'Elizaveta Korzhova a choisi de poursuivre ses études et de préparer sa thèse en chimie. C'est là également qu'elle projette de créer une *start-up* dédiée à la nano- et ultrafiltration à partir de membranes, selon un procédé qu'elle a peaufiné au cours de

ses recherches. Les membranes sont des filtres organiques ou céramiques, dont la sélectivité a deux origines : des effets dits stériques, liés aux tailles relatives des pores et des solutés, et des interactions électrostatiques entre les espèces présentes en solution et la surface de la

membrane. La combinaison de ces effets permet de retenir des espèces aussi petites que les ions, les HAP, les pesticides ou encore certains colorants.

Leur mise au point constitue l'un des axes de recherche de l'équipe Nanoparticules, contaminants, membranes de l'Institut UTINAM,

où la jeune chercheuse accomplit son travail de thèse sous la direction de Sébastien Déon et de Patrick Fievet.

« La technique que j'ai développée consiste à réaliser un dépôt par pulvérisation électrostatique sur des membranes pour en optimiser les capacités de filtration. »

Si elle autorise la création de membranes de nouvelle génération, la méthode

s'applique aussi à des membranes existantes, dont elle améliore de façon notable les performances, et notamment la rétention de métaux lourds. Ces propriétés de nano- et d'ultrafiltration sont particulièrement intéressantes pour les activités industrielles développées sur le territoire, comme dans le domaine automobile, nécessitant traitement de l'eau et des rejets industriels. Elizaveta Korzhova soutiendra sa

thèse dans le courant de l'année 2019. Elle prévoit de créer, dans le prolongement de ses travaux, une *start-up* d'ores et déjà baptisée ImPro Micro. Elle a reçu pour son projet le prix régional PEPITE « initiative au féminin 2018 », doté de 2 000 €.

Contact :
Institut UTINAM
Elizaveta Korzhova
Tél. +33 (0)3 81 66 20 40
elizaveta.korzhova@univ-fcomte.fr

COLLECTIONS NATURELLES

PLANTES EN BOCAUX

Pour conserver, étudier et exposer les plantes, les botanistes confectionnent des herbiers, réalisent des croquis, et plongent des spécimens dans des bocaux. Des bocaux remplis de solution de conservation, par le passé du formol, peu à peu supplanté par l'éthanol et le glycérol. Cette méthode pose le problème de l'évaporation du liquide de conservation, un phénomène qui peut se révéler dangereux, non seulement pour la conservation des échantillons, mais aussi en termes de santé et de sécurité. Elle montre également ses limites dès lors que le liquide de conservation est contaminé par les colorants de certaines plantes, rendant difficile, et parfois même impossible leur observation. C'est ce double problème que l'on s'attache à résoudre à la Haute Ecole Arc Conservation-restauration. Le premier a fait l'objet du mémoire de master d'une étudiante, Marion Dangeon, qui désormais collabore au projet de recherche FLUIDIS, chargé de remédier au second, sous la direction de Laura Brambilla. « Les domaines de spécialité de la HE-Arc en conservation-restauration concernent surtout

les objets archéologiques et techniques. Les collections d'histoire naturelle intéressent cependant aussi les deux filières d'enseignement, et leur étude est très prisée par les étudiants », explique-t-elle.

Le projet FLUIDIS est mené en collaboration avec le Musée botanique de l'université de Zurich (www.botmuseum.uzh.ch), qui possède des collections considérables de plantes en fluides, pour certaines largement concernées par cet inconvénient de coloration.

« Nous cherchons à déterminer quels colorants sont en jeu, quelles interactions se produisent entre la plante et le solvant, si la période de récolte influence le taux de coloration... Nous essayons aussi de mettre au point des méthodes de fixation des couleurs, notamment pour les plantes qui diffusent continuellement leurs pigments, même enfermées dans des bocaux depuis des années ! »

Outre des considérations d'ordre esthétique pour l'exposition en musée, le projet FLUIDIS présente de véritables enjeux pour la recherche. Certaines plantes, conservées en fluide

dès le XVII^e siècle, depuis 1895 à Zurich, n'existent plus à l'état naturel. Par ailleurs, l'extraction de l'ADN, qui apporte aujourd'hui de précieux enseignements, est plus facile à obtenir sur une plante en fluide, pour laquelle les tissus sont préservés, que sur une plante séchée.

Démarré en avril dernier, FLUIDIS donnera ses conclusions au terme d'une année de recherche, et pourrait se voir élargi à d'autres problématiques.



Photo HE-Arc / Botanisches Museum der Universität Zürich

Contact :
HE-Arc Conservation-restauration
Laura Brambilla
Tél. +41 (0)32 930 19 19
laura.brambilla@he-arc.ch

ENTREPRISE 2.0

CERTAINES DÉCISIONS SE JOUENT AUX CARTES

Traduction de textes, création de logos, voire solution à un problème industriel... le *crowdsourcing*, ou production participative, est un outil pour répondre aux besoins ponctuels d'une entreprise : par l'intermédiaire de plateformes internet dédiées, il monopolise une communauté de personnes susceptibles de répondre, grâce à leurs compétences, à une demande particulière. Pour mieux faire connaître ces ressources aux PME, et surtout leur donner les moyens de bien les utiliser, le projet Flexcrowd développé à la Haute Ecole Arc Gestion, en partenariat avec la HES-SO Valais Wallis, a donné naissance à une méthodologie basée sur l'étude des plateformes existantes et des processus engagés. Une méthodologie prenant la forme d'un jeu de cartes virtuelles, combinant

différentes orientations possibles. « Le choix des cartes correspond aux quatre grandes décisions à arbitrer pour trouver le bon prestataire, explique Ulysse Rosselet, enseignant-chercheur en systèmes d'information à la Haute Ecole Arc : les objectifs de l'opération, le travail à effectuer, la stratégie de communication et la gestion des résultats ». Muni de ces informations, le logiciel est en mesure de sélectionner la plateforme la plus adaptée pour répondre aux attendus. Au-delà de la fonction de guide qu'endosse cette méthode pour permettre aux entreprises d'aborder le *crowdsourcing* de façon structurée et éclairée, c'est la réflexion même de l'entreprise, quant à sa démarche et à ses objectifs, qui est questionnée. Une fois cette étape validée, elle pourra, selon les cas, lancer un concours de création

d'affiche pour un événement, organiser un challenge pour le développement d'une solution industrielle innovante, comme Décathlon, qui offre 25 000 dollars à celui qui proposera un système de gonflage instantané pour ses planches de *paddle*, ou encore interroger une communauté de consommateurs pour créer un nouveau produit, comme la société Migros l'a fait pour ajouter un nouveau parfum à une gamme de sirops, et en a profité pour soigner son image. Battre les cartes pour mieux faire son jeu, c'est l'objectif du projet Flexcrowd, qui a donné son nom au site Flexcrowd.org, et dont de nouveaux développements sont espérés.

Contact :
Institut de digitalisation des organisations
Haute Ecole Arc Gestion
Ulysse Rosselet - Tél. +41 (0)32 930 23 29
ulysse.rosselet@he-arc.ch

CAREER CENTER

ÉTUDIANTS EN CONTACT AVEC L'ENTREPRISE

PlaceOjeunes ! C'était le nom de la plateforme internet qui relayait les offres d'emploi des entreprises auprès des étudiants de l'université de Franche-Comté. Place au *Career Center* que le service Orientation stage emploi (OSE) de l'université a inauguré, et qui améliore le concept. Les étudiants disposent désormais d'un espace carrière sur lequel ils peuvent gérer offres, candidatures et CV, et qui leur donne accès à la fiche descriptive d'entreprises en région ou sur toute la France. Les employeurs, de leur côté, ont aussi leur tableau de bord : une fois inscrite, une entreprise gère comme elle l'entend les offres qu'elle publie, peut les suspendre, les archiver ou les actualiser, de

manière autonome avant leur validation par le service OSE. « 120 offres d'emplois, de stages, de jobs d'été ou encore de services civiques ont été déposées au cours des six premières semaines », constate Marine Pascoët, chargée de la relation université-entreprise au service OSE. Plus de 1 000 fiches d'identité entreprises sont déjà disponibles, divulguant des éléments de connaissance sur les activités, les savoir-faire ou encore les valeurs de chacune d'elles. D'autres contenus encore sont accessibles : conseils et astuces pour la recherche d'emploi sont dispensés par JobTeaser, le créateur de la plateforme, qui essaime dans toute l'Europe ;

l'onglet « Événements » recense l'actualité de l'université comme celle des entreprises, que complète une *newsletter* hebdomadaire ; des fiches métiers sont proposées sous forme de vidéos, elles seront à terme enrichies pour couvrir l'ensemble des domaines de formations de l'université ; brochures et informations émanant du service OSE sont également consultables sur la plateforme. Découvrir le *Career Center* : www.univ-fcomte.fr, onglet « Entreprise », ou sur mobile (JobTeaser - *Career Center*).

Contact :
Service OSE - Université de Franche-Comté
Marine Pascoët - Tél. +33 (0)3 81 66 62 52
marine.pascoet@univ-fcomte.fr



© Creux du van - Lukas Bieri - Pixabay

Favoriser la rencontre entre les différents acteurs impliqués dans la gestion de l'environnement est l'un des objectifs prioritaires de la ZAAJ, la zone atelier de l'Arc jurassien. Une volonté que conforte son nouveau statut d'Infrastructure de recherche : cette labellisation nationale a été accordée en 2018 à l'ensemble du réseau de zones ateliers.

TERRAIN [D'OBSERVATION]

LA ZONE ATELIER ARC JURASSIEN PREND DE L'ENVERGURE

Prairies, lacs, tourbières, forêts, rivières... le terrain d'investigation de la ZAAJ couvre tous les paysages de l'Arc jurassien, côté français, de Belfort à Chambéry. Née en 2013 d'un projet porté par le laboratoire Chrono-environnement, labellisée par l'Institut Écologie et environnement du CNRS, la zone atelier a pour vocation de recueillir, de conserver et d'analyser, sur le long terme, des informations à la croisée de l'environnement, des écosystèmes et de la société, sur l'ensemble de son territoire. Les sujets d'études sont nombreux et les données à traiter, volumineuses. Une telle richesse d'observation implique la mobilisation et le regard croisé de différentes disciplines scientifiques, sciences de l'environnement et sciences humaines et sociales, un credo auquel la labellisation d'infrastructure de recherche donne encore plus de poids et de sens. Car il s'agit ici d'étudier le fonctionnement global de ce que les spécialistes nomment des socio-écosystèmes. « L'Homme bénéficie des services que lui fournit l'environnement. Pour

que cette situation soit durable, il doit considérer et gérer de façon adaptée sa relation avec cet environnement », explique Daniel Gilbert, écologue et directeur de la ZAAJ.

SOCIO-ÉCOSYSTÈMES À LA LOUPE

Cinq socio-écosystèmes sont identifiés au sein de la ZAAJ : l'urbain et le périurbain ; la forêt ; les prairies et la production de fromages d'appellation ; le karst et les rivières ; les lacs, tourbières et zones humides. Chacun d'eux présente des caractéristiques environnementales particulières, fait l'objet de relations avec l'Homme et de problématiques spécifiques liées aux activités humaines. Selon cette conception, l'analyse englobe le pêcheur aussi bien que le poisson, le plancton ou la pollution dans le système de la Loue, est attentive au rôle des tourbières dans le stockage du carbone menaçant de se répandre dans l'atmosphère, considère la présence de la nature en ville et la perception des habitants sur leur environnement, ou encore

s'intéresse aux pratiques agricoles développées dans les prairies comme aux fleurs qui y poussent. Autant de briques de construction de la connaissance posées non seulement par des spécialistes de l'environnement, mais aussi par des physiciens, des économistes, des mathématiciens ou des philosophes, en collaboration avec les acteurs de terrain.

La ZAAJ est l'une des 12 zones ateliers de France métropolitaine, appartenant toutes au RZA, le Réseau des zones ateliers, qui est une structure majeure de représentation de la France à l'international dans le domaine de l'écologie. Elle a des atouts pour prendre une envergure plus importante encore, et devenir une infrastructure de recherche européenne à l'horizon 2030. Elle espère par ailleurs trouver le moyen juridique d'inclure dans sa sphère le versant suisse de l'Arc jurassien, dont la configuration et les préoccupations toutes proches justifieraient un rapprochement.

Contact :
ZAAJ
Daniel Gilbert - Tél. +33 (0)7 61 46 89 20
daniel.gilbert@univ-fcomte.fr



Depuis sa création en 1999, l'UTBM a délivré 9390 diplômes d'ingénieur, masters et doctorats, dans les domaines de l'énergie, de la mécanique, de l'informatique ou encore du génie électrique. L'UTBM fête cette année ses 20 ans : à la fois école d'ingénieurs et université, elle représente une troisième voie d'enseignement supérieur et de recherche, et est devenue incontournable tant dans le paysage académique que sur son territoire.

ANNIVERSAIRE [TECHNO]

L'UTBM FÊTE SES 20 ANS

UNE TROISIÈME VOIE

Traditionnellement, la culture française considère séparément la science, la technologie et la société, une configuration dans laquelle la technologie fait parfois figure de vilain petit canard : c'est

en l'an 2000 seulement que naît l'Académie des technologies, symbole de reconnaissance s'il en est. Rapprocher les trois sommets du triangle vers un point central est cependant une conception qui fait son chemin dans certains esprits : elle a abouti à la création des universités de technologie au début des années 1970, dont la spécificité a été inscrite dans le Code de l'éducation... en 2018. L'université de technologie de Compiègne naît en 1972, posant les bases d'une université d'un

nouveau genre, une troisième voie entre l'université classique et les écoles d'ingénieur : la technologie devient une forme d'enseignement à part entière, pluridisciplinaire, adossée à la recherche scientifique, tournée

vers le monde de l'entreprise et vers la société. L'université de technologie de Troyes (UTT) suit en 1994, et en 1999, l'université de technologie Belfort-Montbéliard (UTBM) naît de la fusion de l'Enibe (École nationale d'ingénieurs de Belfort) et de l'IPSE (Institut polytechnique de Sevenans). Toutes trois, implantées dans des villes moyennes, reçoivent un fort soutien de la part des collectivités territoriales.

ACTRICE DE SON TERRITOIRE

« L'UTBM est riche de ses 3000 élèves ingénieurs, étudiants en master et doctorants, de ses 400 personnels, de ses nombreux partenaires : 3000 industriels, 140 universités, institutionnels, et de ses *alumni* », déclare Ghislain Montavon, directeur de l'UTBM depuis 2016, qui ne peut que se réjouir par ailleurs des excellents résultats enregistrés par l'établissement. Élu 5^e école française la plus adaptée à l'entreprise en 2014, l'UTBM est la 7^e plus importante école d'ingénieurs sur les 201 que compte le pays. Elle a formé et diplômé 9390 élèves et étudiants en 20 ans. Aujourd'hui, 80 % de

Élu 5^e école française la plus adaptée à l'entreprise en 2014, l'UTBM est la 7^e plus importante école d'ingénieurs sur les 201 que compte le pays

ses jeunes recrues viennent de toute la France et de plus de 50 pays dans le monde : c'est la lisibilité et l'attractivité de tout un territoire qui s'en trouvent renforcées.

Un territoire auquel l'UTBM est historiquement liée, et dont elle est pleinement actrice. Son engagement en 2017 dans le projet Territoire d'innovation de grande ambition (TIGA), porté par la Grand Belfort et le Pays de Montbéliard agglomération (PMA), en est l'une des plus récentes illustrations.

Dans ses gènes aussi, la connexion au monde socioéconomique et à l'entreprise, avec laquelle pas moins de 350 contrats de recherche étaient signés en 2018. Exemple novateur de la « porosité avec le monde industriel » que souhaitent renforcer Ghislain Montavon et son équipe : la création, en ce début d'année, de deux chaires industrielles, l'une avec l'entreprise mondiale de conseil en ingénierie Altran, l'autre avec le géant de l'électricité français, EDF.

L'INNOVATION À PLEIN RÉGIME

De plus en plus manifeste, l'ouverture de l'UTBM à son environnement peut être symbolisée par le vocable *Crunch* : décliné en plusieurs dispositifs, il devient une véritable marque de fabrique de l'établissement. Tout commence avec l'*UTBM Innovation Crunch Time*, créé en 2017 : considéré comme « le plus grand exercice pédagogique de ce type jamais organisé dans l'Hexagone », il fait plancher plus de 1600 élèves et étudiants sur quelque 160 sujets concoctés par 40 partenaires industriels. Un exercice grandeur nature, placé à une interface université-entreprise pour le moins inhabituelle, incitant à

TECHNOLOGIES ET SCIENCES HUMAINES

L'UTBM fait sienne la définition de la technologie énoncée par Guy Deniérou, le fondateur de l'UTC : « La technologie, c'est le nom que prend la science quand elle a pour objet les produits et les procédés de l'industrie humaine ». Élevée au rang de « fait social », la technologie se doit alors d'être l'objet d'un enseignement pluridisciplinaire : l'étude des techniques à proprement parler, et celle des sciences humaines et sociales, permettant de leur donner sens. Le cursus d'ingénieurs de l'UTBM, quelle que soit la spécialité, compte ainsi de l'ordre de 25 % d'enseignements en sciences humaines et sociales, visant l'acquisition, d'une part de compétences utiles pour l'exercice du métier d'ingénieur, comme le marketing, le management ou les langues étrangères, d'autre part d'une solide culture générale, mêlant épistémologie, philosophie..., permettant de développer esprit critique et ouverture sur le monde, en écho à l'internationalisation obligatoire des cursus.

l'émergence de nouvelles idées et à leur matérialisation sous la forme d'une maquette ou d'un prototype. Un événement

gigantesque sur le site de l'Axone à Montbéliard, où l'édition 2019 est prévue sur cinq jours, du 13 au 17 mai, et pour lequel les moyens techniques sont mis à disposition par le *CrunchLab*, un autre emblème maison. Le *CrunchLab* procède lui aussi d'une logique de mise en commun des intelligences et des compétences au service de l'innovation, sur le long terme. S'il occupe aujourd'hui 500 m² de locaux sur le campus de Belfort, il devrait en investir

1500 à la fin de l'année 2020. Peuplé d'imprimantes 3D, de scanners et autres équipements de maquettage, il est destiné aux besoins de la communauté universitaire, de l'entreprise et du grand public. Ce tiers lieu se veut largement ouvert sur la cité et le territoire, à l'image de l'établissement. La *CrunchFactory*, dont la création est prévue d'ici

un an, viendra en prolongement de ces dispositifs pour donner la possibilité d'établir des preuves de concepts et de procédés à

l'échelle industrielle. « Il s'agit, à terme, de proposer un ensemble cohérent d'outils sur une chaîne de valeur complète. » Outre ces moyens dédiés à l'innovation, l'UTBM dispose de plateformes pédagogiques et de recherche orientées vers ses domaines de prédilection, comme la pile à combustible

et la technologie hydrogène, le traitement de surfaces, la réalité virtuelle ou encore la robotique. En projet, la plateforme Mobilitech, dédiée à la mobilité et aux transports, se structure progressivement à Montbéliard.

L'UTBM Innovation Crunch Time est considéré comme « le plus grand exercice pédagogique de ce type jamais organisé dans l'Hexagone »

Contact :
UTBM - Direction
Ghislain Montavon
Tél. +33 (0)3 81 58 30 12



Les déchets produits par l'élevage d'escargots pourraient servir à la mise au point de réactifs et de catalyseurs biosourcés pour l'industrie chimique. Une expérience probante réalisée à l'Institut UTINAM.

© Cahlemardier - Pixabay

OBJET [DÉTOURNÉ]

COQUILLES D'ESCARGOTS RECYCLÉES POUR LA CHIMIE

Réduire
la quantité de
déchets issus des
élevages
et les
transformer
en produits
chimiques
biosourcés
utiles à
l'industrie

C'est peu de dire qu'en France on aime les escargots : 64 000 tonnes sont consommées chaque année ! Pas plus de 1 000 tonnes sont produites dans l'hexagone, la majorité des produits trouvés sur le marché proviennent du Maroc, d'Algérie, de Hongrie, de Pologne ou encore de Russie. Cependant, la filière se développe depuis des années sur le territoire comtois, qui compte l'un des deux seuls établissements publics français dispensant des formations en héliciculture : le centre CFPPA de Besançon.

Les déchets issus de la production des escargots au CFPPA sont confiés aux chercheurs de l'université de Franche-Comté, qui en font l'objet d'expériences en chimie, dans un but de valorisation.

PRODUITS CHIMIQUES BIOSOURCÉS

Une idée née de la réflexion conjointe d'Annette de Vaufleury, écotoxicologue au laboratoire Chrono-environnement et

de Jérôme Husson, chimiste à l'Institut UTINAM. Les « déchets » d'escargots concernés, après élevage et transformation, comportent coquille, système digestif et appareil reproducteur.

CONCENTRÉ DE CALCIUM

Ces déchets sont essentiellement composés de calcium, dont il ne faut pas oublier qu'il fait partie de la famille des métaux, et dont la coquille est un véritable concentré. Leur incinération à 600°C et à 1000°C permet de récupérer respectivement du carbonate et de l'oxyde de calcium, utilisés comme réactifs et catalyseurs en chimie. Les premiers résultats sont très encourageants puisque les substances obtenues sont d'une efficacité comparable à celle des produits industriels actuels. Les chercheurs poursuivent l'expérience autour de l'effet cocktail que pourrait produire l'association calcium, zinc, strontium et cuivre, des éléments chimiques

naturellement présents dans les déchets d'escargots. « C'est une opportunité pour produire des réactions qui n'ont jamais été testées en chimie organique, et qui se montreront peut-être plus efficaces encore », explique Jérôme Husson. Cela à partir d'une formule déjà élaborée par la nature, à l'intérieur d'une infinité de combinaisons possibles.

Les premières expériences de laboratoire ont été financées par l'OSU-THETA, l'Observatoire des sciences de l'Univers - Terre Homme Environnement Temps Astronomie de Franche-Comté - Bourgogne. Elles présentent un double intérêt : réduire la quantité de déchets issus des élevages d'escargots, et les transformer en produits chimiques biosourcés utiles à l'industrie, notamment pharmaceutique, dont les process sont actuellement très polluants.

ESCARGOTS EN ROUTE POUR L'EUROPE

Absorbant divers contaminants, les escargots sont d'excellents indicateurs de pollution, que les chercheurs du laboratoire Chrono-environnement étudient depuis plus de vingt ans. Les méthodes qu'ils ont mises au point aident à la prise de décision territoriale, et partout ont fait leurs preuves. Ainsi la cartographie des transferts de pollution montre comment, à Lille, la revalorisation de friches urbaines est possible pour de nouvelles constructions ; si, à Paris, certains terrains peuvent donner naissance à des jardins ouvriers, ou encore qu'à Saint-Étienne, la persistance de la présence de PCB voue une zone sinistrée à la création d'un parc de panneaux solaires.

« Ces outils font l'objet d'un projet de normalisation internationale et sont disponibles sur un site web dédié (ecobiosoil.univ-rennes1.fr), qui, de la bactérie au mammifère, propose une quinzaine de bio-indicateurs pour tester la viabilité des terrains », raconte Annette de Vaufleury. Les recherches menées à Chrono-environnement sont uniques en France. Elles concernent non seulement les métaux mais aussi d'autres substances chimiques, comme les pesticides, pour lesquelles les escargots peuvent renseigner sur le danger écotoxique.

Contacts :

Laboratoire Chrono-environnement
Annette de Vaufleury - Tél. +33 (0)3 81 66 57 88 - annette.devaufleury@univ-fcomte.fr

Institut UTINAM

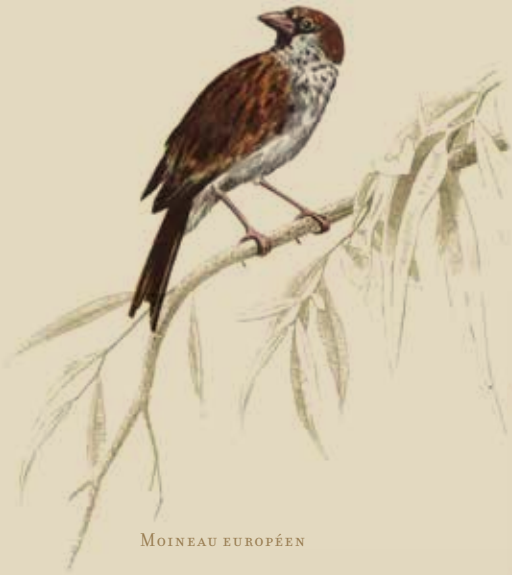
Jérôme Husson - Tél. +33 (0)3 81 66 62 91 - jerome.husson@univ-fcomte.fr



Évaluation de la biodisponibilité de métaux sur un ancien site minier
Escargots petits gris sentinelles - Photo Annette de Vaufleury - Laboratoire Chrono-environnement

Les substances obtenues sont d'une efficacité comparable à celle des réactifs industriels actuels

MAÏS



MOINEAU EUROPÉEN



NARCISSE



FRÊNE



MÉLIBÉE
COENONYMPHA HERO



LOTIER CORNICULE



CARABE



SAUTERELLE



NEHALENNIA SPECIOSA



MÉSANGE



VER DE TERRE



MUSARAIGNE



GRILLON CHAMPÊTRE



VANESSE CARDUI



ABEILLE



BOLET



FOURMI



RAY-GRASS

Les chiffres de la biodiversité sont tous plus alarmants les uns que les autres. Pour n'en citer que quelques-uns : dans le monde, entre 1970 et 2010, quelque 3 700 espèces de poissons, oiseaux, mammifères, amphibiens et reptiles ont perdu 60 % de leurs individus. En 15 ans, en France, la population d'oiseaux a été décimée d'un tiers. Depuis le début des années 1990, 75 à 80 % des insectes volants ont disparu en Allemagne...

GRAND FORMAT [URGENCE ENVIRONNEMENT]

LA BIODIVERSITÉ A DU PLOMB DANS L'AILE

... Le tableau n'est pas plus réjouissant du côté des sols, dont la matière organique, fertile, représente aujourd'hui 2 %, contre 6 % il y a 100 ans. L'équivalent de la moitié de la surface de la France disparaît chaque année de la surface du globe en terre cultivable... À la fois tirant des sonnettes d'alarme et s'échinant à trouver des solutions, les scientifiques s'impliquent activement dans la lutte contre la perte de biodiversité.

Si les activités humaines se révèlent en grande partie responsables du déclin de la biodiversité, l'Homme a aussi contribué à sa construction, notamment en créant de nouveaux paysages. En témoignent la naissance de l'agriculture au néolithique puis son développement, qui ont favorisé l'émergence de certaines espèces et créé des perturbations sources de biodiversité. Mais jusqu'où l'exploitation et la gestion des ressources naturelles sont-elles compatibles avec l'équilibre et la préservation des écosystèmes ?

LE FEU, CRÉATEUR DE BIODIVERSITÉ ?

Depuis plusieurs millions d'années, le feu fait partie des perturbations environnementales agissant sur l'évolution des écosystèmes terrestres. Les feux survenant de façon naturelle, notamment déclenchés par la foudre, participent au cycle de vie de tous les écosystèmes de la planète

hormis les déserts, dépourvus de combustible. Le feu devient vers 5000 avant J.-C., comme en Europe, un outil au service de l'agriculture naissante. Maîtrisé par l'Homme, il sert à défricher, nettoyer, gagner sur la forêt pour laisser place aux espaces cultivables et aux pâturages. Qu'il soit d'origine naturelle ou anthropique, le feu a laissé des stigmates à travers les âges, que savent décrypter les chercheurs aujourd'hui.

Au laboratoire Chrono-environnement, à l'université de Franche-Comté, Boris Vannière, directeur de recherche au CNRS, en est le spécialiste.

Il étudie comment les régimes de feu interagissent avec la biodiversité, aux échelles locale et régionale. « À partir de 3000 avant J.-C., les régimes naturels de feux sont dominés par l'usage anthropique. Leur fréquence, artificiellement doublée, change la trajectoire temporelle et la structure spatiale des écosystèmes. »

On observe dès cette époque une évolution très nette de la richesse végétale, en lien direct avec la multiplication et les modalités d'usage des feux, et avec les pratiques agropastorales associées. »

Boris Vannière qualifie cet état de « perturbation intermédiaire », permettant aux systèmes de se régénérer à l'identique ou d'évoluer dans le sens de la diversité à l'échelle paysagère.

Le feu utilisé comme outil ou les feux réguliers et peu sévères qui parcourent naturellement les prairies n'ont rien de comparable dans leurs conséquences avec les feux dévastateurs craints chaque été.

« Un feu survenant régulièrement dans un espace, à l'échelle d'une ou deux décennies, crée les conditions pour que les systèmes s'adaptent et en tirent profit. Un feu déclenché tous les 300 ans aura, lui, un effet destructeur car il anéantit une biomasse importante, accumulée depuis très longtemps. » Pour autant, réhabiliter le feu comme outil de gestion des écosystèmes ne serait sans doute pas envisageable par-



Photo Pixabay

MAÏS AU NATUREL

En Amérique du Nord, en Europe aussi, la chrysomèle *Diabrotica virgifera virgifera* occasionne des dégâts considérables dans les cultures de maïs, en s'attaquant aux racines de la plante.

Depuis plusieurs années, en collaboration avec les groupes de Christoph Keel à l'université de Lausanne et de Monika Maurhofer à l'EPFZ, Ted Turlings et son équipe du Laboratoire pour la recherche fondamentale et appliquée en écologie chimique (FARCE) à l'université de Neuchâtel, cherchent les moyens de combattre ce ravageur en limitant le recours aux pesticides. Parmi ces moyens naturels,

un nématode et une bactérie pourraient se dresser contre la chrysomèle du maïs.

Le ver minuscule tue les insectes en infectant leurs larves ; la bactérie, du genre *Pseudomonas*, a des propriétés insecticides et un effet bénéfique sur la physiologie des plantes. Ce duo de choc a fait l'objet de tests en plein champ aux États-Unis, dans le Missouri où les cultures de maïs sont particulièrement touchées.

« Dans deux essais sur trois, dans les parcelles traitées par des nématodes et/ou des bactéries, les racines du maïs étaient moins endommagées que celles provenant de parcelles

non traitées », raconte Geoffrey Jaffuel, qui a suivi l'expérience sur place, avec ses collègues suisses.

Autres constats : le traitement par les bactéries a causé une perte de poids des chrysomèles et affecté leur survie ; l'association bactéries/nématodes a été à l'origine d'une augmentation de récolte lors d'un des essais. Ces preuves d'intérêt établies, l'équipe de Ted Turlings va désormais poursuivre ses recherches pour mettre au point une stratégie d'application efficace des traitements et réduire leur coût, pour l'instant encore prohibitif.

tout, notamment dans les systèmes européens où les espaces sont limités. Sur de grandes étendues inhabitées comme celles du parc de Yellowstone aux États-Unis, on laisse courir le feu, qui peut ici exercer son pouvoir de régénération et participer au maintien de la biodiversité.

« La biodiversité est issue d'un système en mouvement, dont le feu est l'une des composantes, indique le chercheur. Il ne s'agit pas de mettre cette biodiversité sous cloche, pas plus qu'il ne faut la détruire. Il importe de continuer à en être des acteurs, avec des pratiques éclairées et des actions mesurées. »

La connaissance de la biodiversité est indispensable pour savoir ce qu'il convient de conserver, de restaurer, et à quoi il est nécessaire de s'adapter, dans le cadre du changement global en cours, pour prendre les bonnes décisions et adopter des pratiques adéquates. La perte de biodiversité, au même titre que le changement climatique, la pollution, la dégradation des sols et le bouleversement des écosystèmes, participe au phénomène de « *global change* », qui souvent n'est pas considéré dans sa pleine réalité, et signifie une transformation rapide, totale et destructrice de notre environnement.

DES MICROALGUES RICHES EN NUTRIMENTS

Dresser un état des lieux de la diversité actuelle est bien sûr également fondamental pour la connaissance et la compréhension du fonctionnement des écosystèmes. Et donc pour espérer pouvoir les défendre. Parmi les espèces identifiées, dont on sait qu'elles ne représentent qu'une partie infime de la diversité sur Terre, les microalgues ne font que peu parler d'elles. Elles assurent pourtant un apport important de carbone, et donc de nutriments, à bien d'autres espèces. Ce processus est connu dans les océans et les mers. Il est désormais mis en évidence sur la terre ferme, grâce aux travaux menés par Edward Mitchell, directeur du Laboratoire de biodiversité du sol de l'université de Neuchâtel. « Ce résultat est contre-intuitif : dans une forêt par exemple, on pense que ce sont les plantes qui nourrissent les autres organismes. » Une étude datant de quelques années, portant sur 40 espèces, avait pourtant déjà montré, à partir de la signature isotopique racinaire ou de la litière végétale de surface que portent les organismes, que seules quelques espèces, dont le mille-pattes, se nourrissaient à partir de feuilles. Les autres espèces comportaient toutes une signature racinaire et donc du carbone issu des racines.

L'équipe d'Edward Mitchell a conforté ces résultats en réalisant un séquençage ADN de micro-organismes présents dans le sol. Les chercheurs ont montré la corrélation entre l'abondance de phototrophes, capables de faire de la photosynthèse et auxquels appartiennent les microalgues, et celle de leurs prédateurs, notamment les amibes.

« L'abondance de plus d'un quart des espèces d'amibes prédatrices est corrélée à celle des algues, ce qui prouve l'importance de ces dernières dans l'apport nutritionnel des organismes vivant dans le sol. Cela concerne non seulement les protistes, mais aussi, ainsi que le prouve une autre étude récente, les invertébrés comme les vers de terre, qui eux aussi portent la signature des algues du sol. »

Cette démonstration attire l'attention sur l'emploi des herbicides qui détruisent ces algues, privant les sols agricoles et leur microfaune d'un apport en nutriments issu de la photosynthèse, et qui pourrait être particulièrement important durant les périodes entre la récolte et la pousse des nouveaux semis.

LOCATAIRES DU SOL URBAIN



Chercher la petite bête dans les sols urbains n'est pas si courant, et comparer les espèces trouvées entre elles pas davantage. Dans une étude commanditée par l'Office fédéral de l'environnement en Suisse, les chercheurs du Laboratoire de biodiversité du sol de l'université de Neuchâtel ont traqué nématodes et annélides dans des sols urbanisés à différentes périodes du développement de la ville de Neuchâtel. Ils ont remarqué que plus les sols sont anciens du point de vue de l'urbanisation, plus la présence des différentes catégories de vers est homogène. Ce constat est symptomatique d'une dégradation des sols avec le temps. « On trouve notamment un certain groupe d'*Enchytraeidae*, réputés pour se reproduire plus vite que leurs congénères et vivre moins longtemps, qui sont des marqueurs de sols en mauvaise santé. » L'étude montre par ailleurs l'intérêt majeur des vers de terre comme indicateurs : ce sont eux les plus faciles à étudier, ils sont suffisamment proches des autres groupes pour présenter des caractéristiques comparables, enfin ils occupent différents étages du sol, certaines espèces se déplaçant volontiers de l'un à l'autre. S'il ne devait y en avoir qu'un, le ver de terre serait donc l'indicateur à privilégier pour une enquête en ville.

L'EMPIRE DES PESTICIDES

Avec la question de la biodiversité se pose forcément celle des insecticides, herbicides et autres pesticides utilisés en agriculture intensive pour favoriser les rendements. En 2015, puis en 2017, une étude menée au Laboratoire de biodiversité des sols de l'université de Neuchâtel a compilé les résultats de plusieurs centaines de publications scientifiques internationales concernant l'impact des pesticides sur la biodiversité. Ce gigantesque état des lieux pointe de façon indiscutable un impact très négatif, une conclusion partagée par la grande majorité des articles recensés.

« C'est la dose sub létale de chaque produit qui est pertinente pour juger de leur toxicité. Si cette dose n'est pas à proprement parler mortelle, elle induit des conséquences fatales sur le système reproducteur, la capacité à s'orienter, à fuir, à lutter contre les pathogènes... », précise Edward Mitchell. L'abeille est le sujet favori de nombreux travaux de recherche. Quelques constats... Plus une espèce est petite, plus elle est sensible aux pesticides. C'est le cas de certaines abeilles de printemps, moins robustes que l'abeille domestique, elle-même moins robuste que le bourdon. Solitaires, les abeilles sauvages sont plus vulnérables que les abeilles domestiques, dont la ruche peut compenser une perte d'individus. Enfin, on sait aujourd'hui que les abeilles sont susceptibles d'être soumises aux effets des insecticides leur vie durant. Le miel, qu'elles nous offrent mais dont elles se nourrissent aussi, est contaminé par différents néonicotinoïdes, que les

équipements de la Plateforme neuchâteloise de chimie analytique (NPAC) permettent de détecter à d'infimes concentrations¹. Une étude conjointe du Laboratoire de biodiversité du sol et du jardin botanique de Neuchâtel, publiée dans la revue *Environmental Pollution* en février dernier, estime la persistance des néonicotinoïdes dans le miel à 40 mois minimum, ce



¹ Les moyens d'analyse de la NPAC permettent de détecter une concentration de 2 picogrammes d'une substance par gramme de matière, soit l'équivalent de la masse d'une pièce de monnaie par rapport à 9 fois celle de la Tour Eiffel.

MOINEAUX DES FERMES CONTAMINÉES

Les moineaux vivent de façon assez sédentaire dans une zone géographique, où ils se nourrissent principalement de graines et d'insectes. Autour des fermes, ils sont exposés à la contamination aux néonicotinoïdes répandus sur les cultures environnantes : c'est ce que révèle une étude menée au laboratoire d'écophysiologie évolutive de l'université de Neuchâtel. Ce sont les plumes des moineaux qui ont révélé la présence dans leurs barbes d'au moins une molécule toxique, dans les 600 échantillons recueillis à proximité de 47 fermes du plateau suisse. Les concentrations relevées se situent en moyenne entre 1,7 et 9,2 ng/g de plumes, et sont, sans surprise, plus élevées dans les plumes de moineaux vivant à proximité de fermes conventionnelles qu'auprès de fermes bios ou en production intégrée. Ces concentrations peuvent atteindre des valeurs importantes, jusqu'à 140 ng/g, laissant craindre aux scientifiques des effets négatifs sur la santé des oiseaux.

Ces résultats sont le fruit d'un travail de master en biologie mené par Ségolène Humann-Guillemot sous la direction de Fabrice Helfenstein. Ils ont fait l'objet d'une publication dans la revue *Science of the Total Environment* en janvier dernier.

qui laisse largement le temps d'intoxiquer toute une ruche, reine comprise. Les taux maximum autorisés par la consommation humaine sont de l'ordre de 50 000 pg/g ; la santé des abeilles est mise en danger à partir de 100 pg/g. La teneur moyenne de néonicotinoïdes relevée dans les échantillons de miel, provenant du monde entier, est de 1800 pg/g. Agissant sur le système nerveux central des insectes, les néonicotinoïdes sont apparus au début des années 1990 et ont très vite supplanté les autres insecticides, qu'ils dépassent malheureusement en termes de nocivité. Du fait de leur toxicité extrême, ils opèrent à très faibles doses ; leur propension à la diffusion et leur effet toxique persistant expliquent qu'ils puissent toucher de manière indésirable d'autres espèces que celles visées au départ, cela en toute impunité puisqu'on ne savait jusqu'à présent pas les détecter à de si faibles concentrations.

Les néonicotinoïdes ont opéré en toute impunité puisqu'on ne savait pas les détecter à de très faibles concentrations

LES PESTICIDES SE FOURRENT PARTOUT

Les terres agricoles du plateau suisse sont touchées dans leur globalité par les néonicotinoïdes. C'est ce que révèle la toute dernière étude sur le sujet réalisée par l'université de Neuchâtel, publiée début avril dans *Journal of Applied Ecology*. Les échantillons analysés de sols et de plantes cultivées, qu'ils proviennent de fermes conventionnelles ou détentrices du label de qualité environnementale IP-Suisse, contiennent tous au minimum un néonicotinoïde sur les cinq recherchés. Le chiffre n'est qu'à peine moins critique pour les fermes en agriculture biologique : 93%, avec cependant des concentrations bien moindres.

Les surfaces de promotion de la biodiversité ne sont guère mieux loties, avec 81% des sols et 93% de la végétation contaminés. Ces espaces, pourtant exempts de tout traitement pesticide, présentent des concentrations potentiellement dangereuses pour les pollinisateurs qui les peuplent, un comble puisqu'ils sont précisément créés pour en être des abris. L'étude menée par Ségolène Humann-Guillemot, sous la direction de Fabrice Helfenstein, concerne 702 échantillons de sols et de plantes provenant de 62 exploitations agricoles du plateau suisse, dont un tiers en agriculture biologique.

Elle compare les résultats de 100 champs de grandes cultures et de 69 surfaces de promotion de la biodiversité. Elle a été réalisée en 2015, soit deux ans après le moratoire sur l'usage des néonicotinoïdes prononcé en Europe et en Suisse. Trois molécules sur les cinq étudiées sont aujourd'hui interdites en usage de plein air en Suisse. Les chercheurs pointent le doigt sur une contamination généralisée et persistante, et attirent l'attention sur le fait que de nouvelles molécules, tel le sulfoxaflore, sont prêtes à prendre le relais des néonicotinoïdes en Europe, et qu'elles pourraient se révéler tout aussi dangereuses.

D'AUTRES VOIES À EXPLORER

La compilation des études scientifiques montre que si les pesticides font des ravages chez les invertébrés, les vertébrés sont également leurs victimes. « Les pesticides sont une cause directe, par empoisonnement, et indirecte, à cause de la disparition de leurs proies, du déclin des oiseaux », remarque Edward Mitchell, qui milite pour l'interdiction de ces substances. Le scientifique met en avant que d'autres solutions sont possibles, comme de porter son choix vers des variétés résistantes aux pathogènes ou de généraliser le principe de rotation des cultures, pour casser le cycle des ravageurs. Si on considère l'alternative avec un peu de recul, on s'aperçoit que les rendements agricoles n'ont pas augmenté grâce aux néonicotinoïdes, rendements que le passage au bio n'affecte que peu dans la durée, voire pas du tout, selon les cultures. « L'économie réalisée sur les pesticides peut être réinvestie dans l'embauche de salariés que le développement du bio suppose. Éviter le gâchis généré

par la surproduction ou l'exigence de calibrage des fruits et légumes, consommer et donc produire moins de viande afin d'utiliser à nouveau certaines zones de cultures pour produire des aliments pour les humains et non du fourrage, sont aussi des solutions pour assurer la suffisance de la production agricole, en limitant le recours à l'agriculture intensive et à toujours plus de pesticides. C'est toute une conception qu'il faut reconsidérer », conclut Edward Mitchell.



Photo Clémentine Fritsch

UN AGENCEMENT DE PAYSAGES PROTECTEUR

Dans le contexte actuel, le projet RESCAPE étudie comment les caractéristiques paysagères des agro-écosystèmes peuvent jouer un rôle sur les transferts et l'impact des pesticides. « La perte de biodiversité est considérable et on sait qu'elle est liée au développement des pratiques d'agriculture intensive et à leurs conséquences : le problème est de réussir à identifier l'influence respective des facteurs responsables du déclin, pour pouvoir trouver des solutions », explique Clémentine Fritsch, écotoxicologue au laboratoire Chrono-environnement et responsable du projet RESCAPE pour l'université de Franche-Comté. Les investigations sont menées dans la zone atelier Plaine & val de Sèvre, pour laquelle des données de suivi accumulées depuis vingt ans créent un contexte favorable à l'étude.

Prairies et cultures de céréales, avec ou sans présence de haies, de grande ou petite dimension, agrégées entre elles ou distantes les unes des autres, de culture bio ou conventionnelle. ..., pas moins de 60 fenêtres paysagères d'un km² chacune se sont prêtées à l'étude des vers de terre, carabes et

petits mammifères les peuplant. Des organismes aux habitats bien spécifiques et spatialement complémentaires, couvrant l'espace de quelques mètres, pour le ver de terre, à plusieurs centaines de mètres pour la musaraigne ou le mulot.

Les premiers résultats de RESCAPE révèlent la présence de résidus de pesticides actuellement utilisés dans tous les sols, quel que soit l'habitat, et chez les trois groupes d'animaux étudiés. Chaque échantillon de sol recèle au moins 1 pesticide, et 85 % plus de 5. Les champs de céréales bios et les haies, même si elles sont non traitées, contiennent en moyenne 3 pesticides ; mais on en dénombre au minimum 15 dans les sols de culture conventionnelle, et à de plus fortes concentrations.

Du côté de la faune, trois quarts des carabes portent la trace d'au moins l'une des 31 molécules recherchées (4 en moyenne), et 92 % des vers de terre (3 en moyenne). Tous les petits mammifères, chez qui 69 molécules ont été recherchées, présentent également la trace d'au moins une molécule, 22 en moyenne.

Chez ces animaux, 57 molécules sur 69 ont fait l'objet de détections, alors qu'aucune ne devrait être trouvée, puisque les pesticides autorisés sur le marché sont supposés peu persistants et peu bioaccumulatifs. Il s'agit de molécules-mères ou de métabolites¹ de différents herbicides, insecticides et fongicides : de potentiels effets cocktail compliquent un peu plus encore la compréhension des processus à l'œuvre. « Le système est d'une incroyable complexité, témoigne Clémentine Fritsch. Cependant certaines tendances se dégagent et confirment l'intérêt de jouer sur la composition et la structuration du paysage, pour limiter

Chaque
échantillon de sol
étudié recèle
au moins
1 pesticide,
et 85 % plus de 5

¹ 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.

l'impact des pesticides : privilégier les parcelles cultivées de petite et moyenne dimensions, les surfaces d'éléments semi-naturels et les parcelles non traitées, ainsi que leur dispersion dans le paysage, enfin la mixité des cultures. » Ces facteurs paysagers sont aussi connus pour leur capacité à favoriser la biodiversité, et par la même des fonctions écologiques gratifiant l'agriculture de ses services. « La perte de biodiversité a eu pour conséquence l'artificialisation des agrosystèmes, qui nécessitent désormais une intervention humaine constante, alors que la récupération de cette biodiversité, assurant des fonctions clés telles que le contrôle biologique des ravageurs, permettrait de substituer des régulations biologiques naturelles à l'emploi des pesticides. » La gestion du paysage pourrait conjuguer à la fois préservation de la biodiversité agricole et réduction des impacts – et de l'emploi – des pesticides : un cercle vertueux pour réussir la « transition agroécologique » et le passage à une agriculture durable. Les constats issus de RESCAPE demandent à être affinés et comparés à ceux d'autres régions. Ils seront relayés dans un nouveau projet, actuellement en cours d'élaboration, à la suite de RESCAPE qui prendra fin en 2020.

LA VARIÉTÉ FLORISTIQUE EST BONNE POUR LE COMTÉ

Fleur et fierté du terroir comtois, le comté AOP fait l'objet d'un cahier des charges contraignant. Cependant, une fertilisation des « prairies à comté » à base de lisier et de purin, associés à des engrais industriels, tend à remplacer l'usage du fumier pour augmenter le rendement des parcelles et la production des célèbres meules, tout en favorisant l'autonomie fourragère des exploitations. Le projet IFEP¹ s'intéresse aux impacts de la fertilisation sur la biodiversité de ces prairies, et par là même sur un



Photo François Gillet

écosystème synonyme de qualité et de spécificité du comté. 45 éleveurs laitiers sont associés au projet, prêtant leurs pâturages à l'analyse des chercheurs. À mi-parcours, l'étude a déjà révélé des résultats intéressants les acteurs de la filière, et qui pourront aider à guider les choix concernant les pratiques nouvellement adoptées. Dans les pâturages de vaches laitières dédiées à la production de comté, la fertilisation, notamment en azote, a bien un effet positif sur la productivité des prairies, mais l'étude montre que ce rendement plafonne à partir d'un certain seuil. « Si l'excès de fertilisation n'est alors plus utile au rendement, il a en revanche un effet délétère sur la diversité des prairies », estime François Gillet, écologue et responsable du projet IFEP à Chrono-environnement.

« L'excès de fertilisation n'est pas utile aux rendements, en revanche il a un effet délétère sur la diversité des prairies »

¹ IFEP : Impact de la fertilisation des prairies sur leur biodiversité. Le projet (2017-2020) associe le Comité interprofessionnel de gestion du comté (CIGC), le laboratoire Agroécologie (Dijon), le laboratoire Chrono-environnement, l'Institut de l'élevage (Idele) et le Conservatoire botanique national de Franche-Comté, avec le support financier du CIGC et de l'I-SITE BFC.

Pour en savoir plus : Mauchamp L., Gillet F., Mouly A., Badot P.-M., Les prairies : biodiversité et services écosystémiques, PUFC, 2014

Le nombre d'espèces de plantes, 32 en moyenne, n'est pas le seul indicateur retenu pour déterminer la diversité végétale d'un pâturage. Les caractéristiques fonctionnelles des plantes, comme la hauteur végétative et la teneur en azote des feuilles, sont également de bons indicateurs, de même que leur diversité phylogénétique, héritage d'une



Photo by Krysztal Niewolny on Unsplash

Les conséquences
du recours
aux casse-cailloux
s'apparentent à
celles imputées à
l'urbanisation massive
de certaines zones

longue co-évolution au sein des communautés végétales. « Au regard de ces paramètres, une étude précédente a clairement montré une tendance générale à la baisse de la biodiversité des prairies à comté, quelle que soit leur altitude, et la responsabilité d'une fertilisation excessive dans ce phénomène, notamment par les engrais industriels. » Or, la biodiversité est essentielle pour garantir aux prairies une bonne résistance aux stress environnementaux et pour améliorer naturellement la santé des bovins ; elle pourrait également être impliquée dans le fameux « effet terroir »

CASSE-CAILLOUX DESTRUCTEURS

Accroître la production de comté passe aussi par l'augmentation des surfaces de pâturages qui peuvent lui être dédiés, ne serait-ce que pour compenser les pertes dues à l'urbanisation. Le broyage des roches et pierres présentes en grande quantité sur certaines prairies ou prés-bois permet, en rendant ces herbages plus accessibles aux engins agricoles modernes, de gagner en surface productive pour le comté. Or cette technique, dite du « casse-cailloux », est employée sur des pelouses sèches jusqu'alors peu ou pas fertilisées, refuges d'une riche biodiversité végétale, fongique et animale, et dans lesquelles se développent les plantes d'intérêt majeur, connues notamment pour leur résistance

aux stress environnementaux. « Le parc naturel du Haut-Jura est largement concerné par de tels travaux. Une thèse est actuellement menée à Chrono-environnement pour étudier les effets à court et moyen terme des casse-cailloux sur la biodiversité végétale, en comparaison avec des zones non touchées par ces travaux d'aménagement », précise François Gillet, qui souligne par ailleurs « des effets immédiats dévastateurs, qui ont récemment alerté l'opinion publique ». Les conséquences du recours aux casse-cailloux s'apparentent à celles imputées à l'urbanisation massive de certaines zones : la destruction des affleurements rocheux est également synonyme de destruction irréversible des habitats pour la faune et la flore.

qui donne au comté son caractère inimitable et ses nuances de saveurs. Les plantes friandes de nutriments, et donc favorisées par la fertilisation, sont dites compétitives car elles empêchent les autres de se développer. Dans les pâturages, il s'agit par exemple du pissenlit, du ray-grass et du trèfle blanc. Les plantes rudérales, également gourmandes en nutriments, moins compétitives, résistent mieux aux perturbations, par exemple aux dégâts occasionnés par les campagnols. D'une croissance moins rapide, sachant s'accommoder de sols peu fertiles et gênées par la prolifération des plantes compétitives, certaines plantes sont d'un intérêt majeur en raison de leur bonne résistance aux stress, comme le manque d'eau, un excès ou à l'inverse un déficit de chaleur. Dans cette catégorie, certaines présentent des propriétés pharmaceutiques, comme le lotier corniculé, capable de lutter contre les parasites intestinaux des vaches ; d'autres apportent une saveur particulière au lait, comme le cumin des prés. Par ailleurs, les bactéries « utiles » du lait, celles qui donnent son goût au comté après affinage, se trouvent dans le sol et sur l'herbe des pâturages, avant d'être transmises au lait *via* le trayon de la vache. Un équilibre entre les différentes catégories de végétaux, que favoriserait une fertilisation mesurée, ne peut qu'être bénéfique à la biodiversité des prairies, à la santé du bétail, à la qualité du lait et *in fine* du comté.

Les outils économiques sont nombreux pour évaluer les stratégies incitatives ou répressives mises en œuvre



LA BIODIVERSITÉ EST AUSSI L'AFFAIRE DES ÉCONOMISTES

Comment inciter à l'adoption de pratiques plus respectueuses de la biodiversité en agriculture ? Les économistes du CRESE (Centre de recherche sur les stratégies économiques) planchent aussi sur le sujet, et travaillent en équipe avec les spécialistes de l'environnement. Organisé conjointement par le CRESE et la ZAAJ (zone atelier de l'Arc jurassien) en avril dernier, un colloque a permis de faire le point et d'amorcer des collaborations. Les outils économiques sont nombreux à servir la cause de l'environnement. Analyses théoriques, modélisation et techniques comportementales sont des approches complémentaires pour évaluer les stratégies incitatives ou répressives mises en œuvre dans ce domaine, et émettre des recommandations auprès des décideurs. Karine Brisset s'interroge sur la portée de la réforme du code des marchés publics, incitant les collectivités à inscrire à leur cahier des charges des valeurs

de la RSE (Responsabilité sociétale des entreprises). Ce sont par exemple des cantines qui veulent privilégier des produits bios ou favoriser les circuits courts. « Si la demande de production liée au développement durable est suffisante, elle pourra peut-être motiver le changement de comportement des agriculteurs. » Certains moyens répressifs sont difficiles à appliquer, comme la taxe sur le niveau de pollution ambiante, qui concerne plusieurs individus sans que les responsabilités de chacun soient établies. François Cochard essaie de trouver des variantes à cette stratégie, en s'appuyant sur des tests de comportement réalisés en laboratoire. « Les comportements des personnes se révèlent moins rationnels que la théorie le prévoit. » Depuis quelques années, la théorie économique du *Nudge* invite, en quelques suggestions, retours d'information ou exemples concluants, à modifier ses comportements et prises de décision. Là encore, l'économie comportementale peut aider à juger de l'efficacité de ces moyens et à les optimiser.

Pour affiner les mécanismes de taxation ou d'incitation, Jihad Elnaboulsi propose de tirer parti des informations sur les entreprises agricoles, qui sont, dans le cadre du règlement européen REACH de protection de la santé humaine et environnementale, devenues des données publiques.

« On connaît par exemple les achats des agriculteurs en produits phytosanitaires. La question est de savoir comment utiliser ces données pour construire des modèles théoriques qui aideront à trouver les meilleures solutions de régulation en faveur de la biodiversité.



Photo Florian Möllers / RZSS

Le chimpanzé est capable d'une diversité de comportements exceptionnelle, qu'il acquiert par imitation

MENACES SUR LA DIVERSITÉ COMPORTEMENTALE DES CHIMPANZÉS

Le chimpanzé est l'un des animaux fétiches du Laboratoire de cognition comparé de l'université de Neuchâtel, où il fait l'objet de nombreuses recherches. Les données récoltées par l'équipe de Klaus Zuberbuehler, directeur du laboratoire, lors de différentes missions menées dans la forêt de Budongo en Ouganda depuis 1990, se sont intégrées à une recherche d'ampleur internationale¹, dont les résultats ont donné

lieu à une publication en mars dernier dans la prestigieuse revue *Science*. L'étude montre que la richesse des comportements du chimpanzé est largement menacée par les activités humaines, à l'origine de la transformation de l'habitat naturel du grand primate.

Le chimpanzé est capable d'une diversité de comportements exceptionnelle, comportements qu'il acquiert par imitation au sein du groupe d'individus dans lequel il vit. À noter que chaque groupe serait donc doté d'une culture propre, ce qui n'est pas moins exceptionnel. Les comportements retenus pour les besoins de l'étude concernent les techniques d'extraction et de consommation de termites, de fourmis, d'algues, de noix ou de miel ; le recours à des outils pour chasser ou creuser la terre à la recherche de tubercules, et l'utilisation de pierres ; la plongée dans des vasques naturelles ou le refuge dans des grottes pour se rafraîchir en cas de chaleur excessive. Parallèlement, le choix des paramètres signant l'activité humaine et son impact sur l'environnement s'est porté sur la densité de population, le nombre de routes rapporté aux surfaces de rivières et de forêts. Quels que soient le groupe et les agissements observés, la diminution de la diversité comportementale des chimpanzés est d'autant plus évidente que l'impact humain est

significatif. « La diversité comportementale est de 88 % inférieure dans les lieux où règne le plus fort impact humain, par rapport à ceux qui présentent le plus faible », indique-t-on dans l'étude. Parmi les causes évoquées : le difficile maintien de caractéristiques culturelles dans des populations qui se sont réduites au fil du temps, l'effort de discrétion entrepris par les chimpanzés pour éviter de signaler leur présence à des chasseurs potentiels, ou encore de moindres opportunités dans l'apprentissage et la transmission de pratiques sociales, dues à un habitat dégradé, recelant moins de ressources.

Les signataires de l'article scientifique attirent l'attention sur la nécessité de protéger cette biodiversité en marge des préoccupations habituelles, celle des comportements des animaux. « Le concept pourrait s'étendre à d'autres espèces présentant un degré élevé de richesse culturelle, comme les orangs-outans, les singes capucins ou les baleines. »

L'HOMME EST UN LOUP POUR L'HOMME

Attaquant la biodiversité de toutes parts, l'Homme met en péril le chef d'œuvre biologique qu'il a lui-même contribué à bâtir, et dont il oublie trop souvent faire partie : réduire la biodiversité au point que les experts craignent la 6^e crise biologique de l'histoire de la planète Terre, signifie se priver massivement des services écosystémiques qu'elle lui rend.

La pollinisation, indispensable à la formation des graines et des fruits, menacée par le déclin des abeilles et autres insectes pollinisateurs, en est un exemple symbolique.

L'homme peut cependant aider la résilience des écosystèmes, et tirer profit des expériences qui montrent que la pression humaine sur l'environnement doit cesser. Écotoxicologue au laboratoire Chrono-environnement, Renaud Scheiffler en donne quelques exemples.

Le chercheur est intervenu sur le site de Salsigne dans l'Aude, la plus importante mine d'or d'Europe jusqu'à sa fermeture en 2004 pour des raisons de santé publique. « La pollution à l'arsenic a été enrayée dans les zones ayant fait l'objet d'une réhabilitation ; on a pu constater que l'impact toxique ne persistait que chez les rongeurs, alors que la pollution, à son niveau le plus élevé, touchait les mondes aquatique et terrestre dans leur ensemble. » À Tchernobyl, où le césium 137 a atteint sa demi-vie en 2016, la radioactivité est désormais moitié moindre qu'à l'époque de l'accident. Cette baisse de pollution se conjugue à une baisse de la pression humaine, puisque 1% seulement de la population a continué à y vivre. Le résultat est extraordinaire : la faune sauvage renaît à Tchernobyl, là où certaines espèces avaient disparu depuis plusieurs siècles : ours, bisons, loups, élans, lynx, loutres et autres animaux sauvages reprennent peu à peu possession des lieux. Plus près de nous, en Franche-Comté, le faucon pèlerin a repris vie alors qu'il était en voie d'extinction, 20 ans après que le tristement célèbre DDT a été interdit en France, au début des années 1970. « Le DDT était responsable de la modification du métabolisme chez le faucon, avec pour conséquence la fragilisation des œufs du rapace. » Ces expériences sont bien différentes les unes des autres, et restent limitées dans le nombre d'espèces et les zones géographiques qu'elles concernent. Elles sont cependant toutes sources de réflexion, et pistes d'action. Face à une situation de crise reconnue majeure, les volontés et les compétences se mobilisent, et les scientifiques comme les acteurs de terrain veulent agir. Des initiatives fleurissent, ainsi à Besançon où les efforts entrepris ont valu à la ville d'être élue capitale française de la biodiversité 2018.

¹ Pilotée par le Max Planck Institute For Evolutionary Anthropology et le German Centre for Integrative Biodiversity Research, l'étude a été réalisée avec le concours de 77 spécialistes à travers le monde. Elle compile 31 comportements de chimpanzés appartenant à 144 groupes différents, à partir de conclusions issues de la littérature scientifique, et des résultats de travaux menés depuis 9 ans dans 46 stations de terrain de 15 pays où vivent des chimpanzés (Pan-African Programme).

Contacts :

Université de Franche-Comté

- Laboratoire Chrono-environnement
UFC / CNRS
Boris Vannière / Clémentine Fritsch
François Gillet / Renaud Scheiffler
Tél. +33 (0)3 81 66 63 95 / 62 71
62 81 / 57 40
boris.vanniere@univ-fcomte.fr
clementine.fritsch@univ-fcomte.fr
francois.gillet@univ-fcomte.fr
renaud.scheiffler@univ-fcomte.fr

• CRESE - UFC

- Karine Brisset / François Cochard
Jihad Elnaboulsi
Tél. +33 (0)3 81 66 67 59 / 27 72
karine.brisset@univ-fcomte.fr
francois.cochard@univ-fcomte.fr
jihad.elnaboulsi@univ-fcomte.fr

Université de Neuchâtel

- Laboratoire de biodiversité du sol
Edward Mitchell - Tél. +41 (0)32 718 23 45
edward.mitchell@unine.ch
- Laboratoire pour la recherche
fondamentale et appliquée en écologie
chimique (FARCE)
Ted Turlings / Geoffrey Jaffuel
Tél. +41 (0)32 718 31 58 / 31 69
ted.turlings@unine.ch
geoffrey.jaffuel@unine.ch
- Laboratoire d'écophysiologie évolutive
Fabrice Helfenstein
Tél. +41 (0)79 427 44 24
fabrice.helfenstein@free.fr

- Laboratoire de cognition comparée
Klaus Zuberbuehler
klaus.zuberbuehler@unine.ch
Tél. +41 (0)32 718 31 05



MOINEAU EUROPÉEN



NARCISSE



MAÏS



FRÊNE



MÉLIBÉE
COENONYMPHA HERO



LOTIER CORNICULÉ



CARABE



NEHALENNIA SPECIOSA



VER DE TERRE



MUSARAIGNE



GRILLON CHAMPÊTRE



VANESSE CARDUI

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

Directeur de la publication : Jacques Bahi | Rédaction : Catherine Tondou
Composition : Gaëlle Ruf | 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

Président : Jacques Bahi | 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 : Pascal Morel | 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 du Conseil régional de 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 sur
endirect.univ-fcomte.fr