microscoop

Un regard sur les laboratoires en Centre Limousin Poitou-Charentes

n°86 - juillet 2022

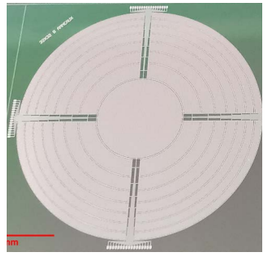
Physique
Ça plane pour le plasma !

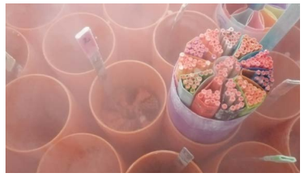
Environnement
La télédétection pour mieux étudier nos territoires

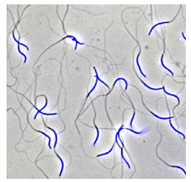
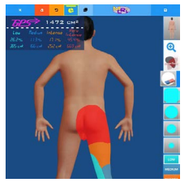
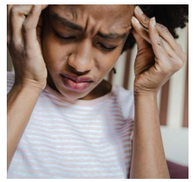
Chimie
Le plastique, pas si fantastique

Biologie
Quand les ultrasons soignent le mélanome !

cnrs





4 Physique
- Ça plane pour le plasma !

6 Environnement
- La télédétection pour mieux étudier nos territoires

8 Chimie
- Le plastique, pas si fantastique

10 Biologie
- Quand les ultrasons soignent le mélanome !
- Les clefs moléculaires de la fertilité mâle

14 Mathématiques
- Chacun sa souffrance : l'évaluation des douleurs chroniques par les statistiques

16 Société
- "DESTINS" : un laboratoire commun au service de l'innovation sociale

18 Histoire
- Les croisés, ces héros ?

20 Actualités

ISSN 1291-8083

Photo couverture : Gestion de l'expérience (SAFE) de jet de plasma pendant la phase 0G.
© CNES

CNRS Centre Limousin Poitou-Charentes
3E, Avenue de la Recherche Scientifique
CS 10065 45071 ORLÉANS CEDEX 2
T 02 38 25 52 01
F 02 38 69 70 31
www.dr8.cnrs.fr
Contact : Communication@dr8.cnrs.fr
@DR08_CNRS

Directeur de la publication
Ludovic Hamon

Secrétaires de la publication
Florence Royer
Miléna Verot
Marine Bruneau

Création graphique/conception
Linda Jeuffrault

Ont participé à ce numéro :
Élodie Aubertheau, Nicolas Bech, Maxime Billot, Dominique Certon, Ursula Duchein, Vanessa Ernst-Maillet, Jean-Michel Escoffre, Pablo Escot Bocanegra, Hiba Fontaine, Yvonnick Guinard, Fréderic Grandjean, Sini Kangas, Laurent Lemée, Anne Leroux Conter, Elie Morin, Amine Ounajim, Jean-Michel Pouvesle, Élisabeth Nau, Philippe Rigoard, Éric Robert, Dominique Royoux, Sylvie Sap, Yousri Slaoui, Quê Lan Tran Ngoc, Anaïs Vitorino Carvalho.

Imprimeur - Prévost Offset
Impression sur papier 100% recyclé Recytal Matt
IMPRIM'VERT®

Éditorial

Après de nombreux mois à trouver une organisation optimum pour poursuivre des travaux de recherche ou en lancer de nouveaux, l'activité des laboratoires reprend un rythme propice à la réflexion scientifique. Les agents, chercheurs, chercheuses et IT alternent agilement le présentiel et le distanciel et les rencontres scientifiques, après avoir été suspendues, reprennent au niveau régional, national et international. C'est le signe évident d'un retour à l'avant COVID sans toutefois oublier les mesures sanitaires élémentaires.

Dans ce contexte dont nous ne pouvons que nous réjouir, paraît ce nouveau numéro de Microscoop. Il ne déroge pas à sa ligne éditoriale de mettre en avant les sujets de recherche que les laboratoires déploient dans la circonscription. Certains laboratoires ont pris le parti de publier très régulièrement un sujet qui leur est cher, parce que nouveau, original, innovant, voire d'actualité. Une fois encore, les contributions des laboratoires sont multiples : physique, environnement, chimie, biologie, mathématiques, société et histoire ! De quoi avoir un aperçu des sciences qui sont au cœur des activités de recherche des unités. Ces recherches peuvent aussi être menées dans un cadre partenarial. Le laboratoire commun « DESTINS », premier laboratoire commun en innovation sociale, en est une parfaite illustration. Nous pouvons également citer le laboratoire commun Damia Lab créé entre XLIM et Einden.

Je profite de cet édito pour féliciter tous les talents dont les travaux ont été récompensés récemment. Ces talents mettent en lumière la qualité des recherches menées sur le territoire, contribuent à sa visibilité et à son attractivité.

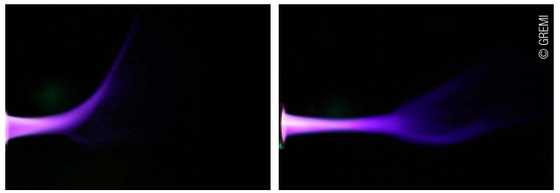
Quatre pages d'actualités retracent les événements de ces derniers mois : des inaugurations, des célébrations, des investissements et des actions de vulgarisation vers le grand public, les enseignants et les scolaires. Les scolaires d'une manière générale ressortent de leurs établissements pour s'initier aux sciences et peut-être y trouver une vocation. À la rentrée de septembre, ces opérations vers le grand public reprendront avec la Fête de la Science, les Visites Insolites du CNRS, les Journées Européennes du Patrimoine ou la Nuit des Chercheurs. Je remercie, par avance, tous les scientifiques acteurs de ces opérations toujours très appréciées tant par ceux qui les animent que par ceux qui y participent.

D'ici le mois de septembre, je souhaite à toutes et tous de profiter pleinement d'un été ressourçant.

Ludovic Hamon
Délégué régional

Ça plane pour le plasma !

Les plasmas pourraient être des alliés de poids dans les prochaines missions spatiales lointaines. Des tests sont en cours pour évaluer leurs performances en apesanteur.



Le jet plasma à 1G et 0G pour les mêmes conditions expérimentales hormis la pesanteur.

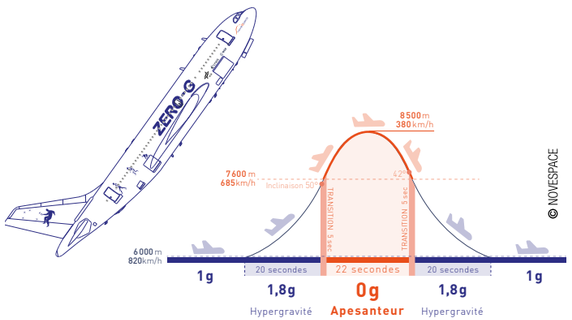
Dans les prochaines décennies, l'exploration spatiale conduira sans aucun doute à des vols spatiaux habités de longue, très longue durée... De nombreux défis sont à relever pour envisager de telles expéditions. Il est indispensable de tester de nouvelles technologies qui permettront aux "voyageurs spatiaux" de vivre en totale autonomie pendant de longues périodes. La Station Spatiale Internationale (ISS), premier laboratoire de recherche pour des expériences scientifiques en micropesanteur, permet déjà à chaque nouvelle mission de mieux appréhender notre connaissance de la vie dans cet environnement et d'apprécier une partie des problèmes pouvant survenir sur le long terme dans les conditions particulières d'apesanteur sans possibilités d'intervention extérieure. La biologie et la médecine occupent une place importante dans les expérimentations menées. Les problèmes potentiellement causés par des bactéries ou des virus et leur possible éradication sont particulièrement étudiés. Dans ce contexte, les plasmas (gaz ionisés), générés par décharge électrique, peuvent apporter de nouvelles solutions de désinfection, de transformation de matières sans embarquement préalable de produits spécifiques. Tout l'enjeu est de savoir si les résultats obtenus sur Terre sont envisageables en l'absence de pesanteur.

> "... étudier, pour la première fois... le comportement et l'effet bactéricide de ces plasmas atmosphériques en... apesanteur."

Les plasmas froids à la pression atmosphérique (PFPA) générés au sol sont, entre autres, une source d'espèces radicalaires pour de multiples applications allant du traitement des matériaux à la médecine, en passant par l'agriculture ou la combustion. Ils permettent, par exemple, de désinfecter des surfaces inertes ou biologiques, comme la peau, ou encore de traiter des patients atteints de plaies chroniques ou d'escarres grâce à leurs propriétés bactéricides ou régénératrices. Ces plasmas, générés le plus souvent à des températures proches de la température ambiante, pourraient parfaitement être utilisés lors de voyages spatiaux dans ces mêmes domaines. Cependant, contrairement à leurs homologues à basse pression, les PFPA n'ont encore jamais été testés dans des conditions d'apesanteur qui peuvent a priori très largement influer sur leur développement et leurs caractéristiques physiques. Dans le cadre d'un programme plus général sur les applications des jets et multi-jets de plasmas froids à la biologie et à la médecine, le GREMI (Groupe de Recherches sur l'Énergétique des Milieux Ionisés UMR7344 – CNRS/Université d'Orléans), avec le soutien du CNES, a proposé d'étudier, pour la première fois, la génération, le comportement et l'effet bactéricide de ces plasmas atmosphériques en conditions d'apesanteur. Ces expériences, tout à fait originales, ont été réalisées avec un jet de plasma développé depuis plusieurs années au laboratoire, le "Plasma Gun", au cours d'une campagne de trois vols réalisée au sein de l'Airbus A310 Zéro G de la société NOVESPACE, basé à Bordeaux. Au-delà de la partie purement scientifique, la préparation et la réalisation de ces expériences ont représenté une aventure humaine particulièrement enrichissante avec un travail d'équipe dans un cadre très contraint, lié à la sécurité à bord et la découverte pour la plupart des expérimentateurs du monde de l'"apesanteur".

JET D'HÉLIUM ET MICROPESANTEUR

Le Plasma Gun, dont l'alimentation innovante a été entièrement développée par l'électronicien du laboratoire, génère un jet plasma froid impulsionnel (durée ~2 µs) à la pression atmosphérique dans un flux d'hélium au contact de l'air. Les principales espèces radicalaires, espèces réactives de l'oxygène et de l'azote (RONS : Reactive Oxygen and Nitrogen Species), sont essentiellement produites à l'interface plasma d'hélium/air, lui-même fortement dépendant des conditions de décharges (fréquence 0,5-20 kHz, tension appliquée 5-20 kV, polarité positive ou négative), du débit de gaz (0,5 à 2 L/min) et de la nature de la cible (diélectrique ou conductrice). Ce sont ces RONS qui jouent un rôle essentiel dans les effets biologiques des plasmas. Sur terre, l'hélium plus léger que l'air à tendance à remonter, mais dans le cas du Plasma Gun, il est canalisé par les espèces chargées, créées à l'interface plasma/air, qui le "poussent" fort heureusement en direction de la cible. Qu'en est-il en apesanteur où cette notion de gaz léger et lourd va disparaître ? Comment le jet de plasma va-t-il se comporter ? Comment les gaz vont-ils se mélanger ? Va-t-on produire les mêmes espèces et de façon aussi efficace ? Comment l'interaction avec la cible, inerte ou biologique, va être modifiée ? Autant de questions auxquelles il faut répondre avant de pouvoir envisager un jour envoyer un tel dispositif dans l'espace sans prendre le risque d'un échec lors de sa mise en œuvre. C'est tout l'enjeu des expériences réalisées en conditions d'apesanteur dans l'avion Zéro G, conditions représentatives de ce qui se passe dans l'espace, mais bien sûr sur des temps beaucoup plus courts.



Les différentes phases d'un vol parabolique

Gestion de l'expérience (SAFE) de jet de plasma pendant la phase 0G.

31 FOIS 22 SECONDES…

Les contraintes de sécurité à bord de l'avion Zéro G sont liées à la fois à la présence de quelques dizaines de personnes évoluant autour de plusieurs expériences simultanées et à la nécessité absolue d'éviter tous risques d'objet "volant" et bien sûr aux règles de l'aviation. Ceci implique d'intégrer le dispositif expérimental et ses diagnostiques dans un bâti compact ultra-résistant qui doit énormément au mécanicien/concepteur du GREMI. L'ensemble est soumis à des variations répétées de gravité suivant la séquence 1G -1,8G - 0G - 1,8G - 1G, au cours des 31 paraboles effectuées par l'avion par vol. Les expériences programmées sont donc réalisées au cours des séquences 0G de seulement 22 secondes par parabole !

BONNE NOUVELLE !

La première série de trois vols, soit environ 34 minutes au total d'état d'apesanteur, a permis de tester le fonctionnement du Plasma Gun dans l'hélium pur et dans des mélanges hélium/oxygène et hélium/azote (jusqu'à 2% de gaz moléculaire), d'analyser le développement du jet libre ou en présence d'une cible diélectrique ou conductrice, enfin de tracer les espèces produites au sein de géloses d'Agar, enrichies avec de l'iodure de potassium pour être sensibles aux RONS, dans des boîtes de Petri comme celle habituellement utilisées dans les expériences *in vitro*. Cette ensemble d'expériences a déterminé les conditions les plus favorables à la propagation du jet et à la génération optimale d'espèces réactives tout en minimisant la consommation d'hélium, ce dernier paramètre étant essentiel dans la conception des futurs dispositifs embarqués. La très bonne nouvelle est que, malgré des changements notoires dans la propagation et la forme du jet, le dispositif fonctionne parfaitement en état d'apesanteur et présente des caractéristiques physiques et chimiques comparables à celles obtenues au sol, avec en bonus une couverture plus large de la zone traitée par les espèces réactives à longue durée de vie produites par le plasma.

PROCHAINS VOLS

Les résultats tout à fait encourageants obtenus pendant cette première campagne de vols ont permis de proposer un projet pour une seconde campagne au mois d'octobre prochain dont le financement a été accepté par le CNES. Au cours de celle-ci, des expériences concernant le traitement de bactéries cultivées dans des boîtes de Petri seront effectuées. Bien évidemment, cela suppose une reconfiguration du bâti pour l'utilisation des bactéries visées en toute sécurité avec un confinement adapté.

Ces premiers résultats laissent envisager de belles perspectives pour une potentielle utilisation des jets plasma à la pression atmosphérique lors de missions spatiales. Bien évidemment beaucoup de travail reste à faire notamment sur le design adapté en habitacle confiné. On peut raisonnablement espérer des applications dans un premier temps sur la désinfection de surface ou de liquides, le traitement de l'eau usée ou de l'urine pour leur transformation en engrais liquide, le traitement des graines pour favoriser la germination et la pousse des plantes dans le cadre d'une agriculture à bord. À plus long terme, on peut aussi envisager des applications médicales incluant notamment le traitement de plaies. Quelques fois 22 secondes... permettent de rêver à un bel avenir spatial pour les PFPA !

Jean-Michel POUVESLE < GREMI
jean-michel.pouvesle@univ-orleans.fr
Éric ROBERT < GREMI
eric.robert@univ-orleans.fr
Pablo ESCOT BOCANEGRA < GREMI
pablo.escot@univ-orleans.fr
https://www.univ-orleans.fr/fr/gremi
https://cnes.fr
https://www.airzerog.com

La télédétection pour mieux étudier nos territoires

Étudier la connectivité entre les zones d'habitats favorables au maintien ou au développement de la biodiversité représente un enjeu majeur dans la préservation des espèces animales et végétales.

Étapes de l'approche orientée-objet (Object-Based Image Analysis). À gauche : image aérienne/satellitaire (canaux proche infrarouge / rouge / vert), au centre : segmentation de l'image, à droite : classification de chaque segment (surface imperméable en gris, végétation herbacée en vert clair, végétation arborée en vert foncé).

Parmi les grandes menaces pesant sur la biodiversité, la fragmentation des habitats fait partie des plus impactantes. Ce phénomène se traduit par la perte de leurs surfaces, de leur disponibilité et de leur connectivité. Ceci a pour conséquence de limiter la dispersion entre les zones, qu'on nomme des patchs d'habitats favorables et d'isoler géographiquement certains d'entre eux. Cependant, ces patchs d'habitats représentent des refuges-réservoirs de biodiversité et leur isolement géographique peut conduire au déclin de certaines populations. Ainsi, la résilience de la biodiversité devient dépendante du degré d'isolement géographique des patchs sur lesquels elle se trouve.

DES PAYSAGES PERTURBÉS

L'occupation anthropique du sol et les changements d'usage des terres représentent les causes les plus importantes de la fragmentation des habitats. Parmi les différentes occupations du sol, l'urbanisation représente celle qui créée la modification la plus importante, par rapport au milieu naturel, et la plus durable. Ainsi, en France, face à l'étalement des surfaces anthropisées, le Grenelle de l'environnement a adopté la mesure de Trame Verte et Bleue (TVB) en vue d'enrayer la perte de biodiversité due à la fragmentation des habitats. Les TVB ont pour objectifs de caractériser et gérer les réservoirs de biodiversité et de dessiner et préserver les corridors écologiques les reliant. Cependant, ces corridors écologiques sont souvent modélisés à une échelle départementale dont la résolution ne permet pas toujours de prendre en compte les subtilités de l'hétérogénéité spatiale (composition et configuration) que l'on peut retrouver dans les paysages urbains où la biodiversité a le plus besoin d'être reconnectée.

DES TECHNIQUES SOPHISTIQUÉES POUR DÉCRIRE LES PAYSAGES

Les cartographies sont des représentations thématiques du territoire. Elles sont représentées avec des résolutions spatiales (c.-à-d. taille de pixel / précision des objets) et thématiques (par ex. différenciation des strates de végétation) qui diffèrent selon les problématiques. Dans le cadre de ce travail, le laboratoire d'Écologie et Biologie des Interactions (EBI UMR 7267 – CNRS / Université de Poitiers) a réalisé plusieurs cartographies des villes de Poitiers, Niort et Châtellerault afin d'estimer comment la résolution et donc la prise en compte de l'hétérogénéité spatiale, influence la modélisation des corridors écologiques en paysages urbains. Ainsi, pour chacune des trois villes, les chercheurs ont dressé 3 types de cartes d'occupation du sol avec différents niveaux de précision-résolution.

La première cartographie a été réalisée à partir de données institutionnelles en libre accès qui décrivent bien l'occupation anthropique du sol (par ex. bâti, routes, voie ferrées…) mais qui ne permettent pas une description fine de la végétation urbaine - pourtant importante dans la modélisation des corridors écologiques.
La deuxième cartographie utilise des outils de télédétection basiques et en libre accès pour calculer le NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) : indice permettant de détecter la végétation globale qui est ensuite ajoutée à la première cartographie.
La troisième cartographie utilise une méthodologie (c.-à-d. classification orientée-objet utilisant des logiciels et données en libre accès) distinguant, via l'intelligence artificielle (machine learning), deux niveaux de strates de végétation : arborée et herbacée qui viennent compléter les cartographies précédentes. La distinction des deux strates de végétation permet de se rapprocher davantage de la réalité du paysage pour mieux caractériser et modéliser les corridors écologiques. Cette dernière cartographie présente une résolution spatiale de 1 mètre correspondant à la perception et l'utilisation du paysage des espèces à faible et moyenne dispersion.

> "... un rôle fondamental de la connaissance de l'occupation du sol..."

APPORTS DE LA TÉLÉDÉTECTION DANS L'ÉTUDE DE NOS VILLES

Les résultats suggèrent que les cartographies à fine résolution et enrichies par les approches de télédétection fournissent une description de l'occupation du sol fiable et fidèle à la réalité en différenciant très bien la végétation arborée et la végétation herbacée. Plus précisément, les méthodes de télédétection permettent de détecter, selon les zones, jusqu'à quatre fois plus de végétation herbacée et arborée que ne le décrivent les cartographies construites à partir des bases de données institutionnelles. Ainsi, lorsqu'il s'agit de modéliser des corridors écologiques pour des espèces forestières inféodées à la strate arborée, les résultats montrent que la précision de l'occupation du sol influence grandement la modélisation des réseaux de corridors écologiques.

Dans un premier temps, ces différences se retrouvent à l'échelle globale de la zone d'étude dans la quantification de la capacité d'accueil, l'accessibilité et la disponibilité des habitats (c.-à-d. indice de Probabilité de Connectivité). En effet, les estimations de cet indice augmentent avec la précision des cartographies utilisées qui améliorerait alors le calcul de la probabilité de connectivité des différents patchs étudiés.

Dans un deuxième temps, l'estimation des valeurs d'un autre indice de connectivité, le dPC (delta Probabilité de Connectivité) calculé pour chaque corridor écologique modélisé, peut également varier lorsque la qualité de la cartographie change. Cet indice identifie l'importance de chaque corridor et permet de hiérarchiser et prioriser les actions de conservations à réaliser. Différentes qualités de cartographies peuvent même entrainer une modification des tracés des corridors suggérant donc un rôle fondamental de la connaissance de l'occupation du sol dans la détermination des TVB.

L'approche de télédétection, développée dans le cadre de cette étude, représente un apport considérable et complémentaire à l'étude de la connectivité écologique des paysages quelles que soient leur hétérogénéité et leur échelle spatiale. En matière d'aménagement du territoire pour des espèces à faible distance de dispersion, ces résultats suggèrent qu'une fine résolution spatiale est indispensable pour modéliser des corridors écologiques. En effet, nos résultats suggèrent qu'une carte d'occupation du sol trop grossière pourrait mener à des conclusions erronées et avoir de fortes conséquences en matière de conservation dans les plans d'aménagement urbains. Ces résultats fournissent de nouvelles perspectives dans la caractérisation des réseaux écologiques et ainsi dans l'aménagement de nos territoires, la préservation de la Biodiversité et plus largement les relations Homme-Nature.

La télédétection représente un ensemble d'outils permettant de détecter à distance un objet ou un phénomène sur la base de son rayonnement électromagnétique. En cartographie, la télédétection consiste généralement à étudier la réflectance des objets dans les différentes bandes spectrales constituant une image aérienne (par ex. bleu, vert, rouge voire proche infrarouge et au-delà).
Par exemple, les feuilles des plantes, par leurs pigments et leur structure, réfléchissent plus le rayonnement dans le proche infra-rouge que le rayonnement dans le rouge. A l'inverse, d'autres surfaces telles que l'eau ou le sol auront un comportement spectral différent. Ainsi, le rapport des réflectances entre les bandes spectrales rouge et proche infrarouge permet de calculer un indice, dit de végétation, appelé 'NDVI' (Normalized Difference Vegetation Index). Cet indice NDVI va permettre de détecter et de localiser les végétaux, même les plus petits.

$$\text{NDVI} = \frac{\text{Réflectance } (\textit{Proche Infra-rouge}) - \text{Réflectance } (\textit{Rouge})}{\text{Réflectance } (\textit{Proche Infra-rouge}) + \text{Réflectance } (\textit{Rouge})}$$

Comme dans beaucoup d'autres disciplines, le machine learning se développe et permet d'accomplir des tâches complexes. Cette méthodologie, combinée à une approche spécifique (Object-Based Image Analysis), permet, de réaliser à partir d'une image aérienne/satellitaire :
- l'étape de segmentation qui consiste à délimiter des 'objets/segments sémantiques' en fonction de de leurs caractéristiques spectrales,
- puis l'étape de classification qui consiste à assigner automatiquement ces segments à des catégories d'occupation du sol préalablement renseignées.

Elie MORIN < EBI
elie.morin@univ-poitiers.fr

Nicolas BECH < EBI
nicolas.bech@univ-poitiers.fr

Fréderic GRANDJEAN < EBI
frederic.grandjean@univ-poitiers.fr

Yvonnick GUINARD < Grand Poitiers Communauté urbaine
yvonnick.guinard@grandpoitiers.fr

https://ebi.labo.univ-poitiers.fr/

Le plastique, pas si fantastique

Depuis plus d'un siècle, les matières plastiques font partie de notre quotidien. Cependant, les déchets générés par ces matériaux s'accumulent dans notre environnement. Les scientifiques s'attachent à étudier les conséquences de cette pollution pour la planète.

La question de l'impact de la pollution par les microplastiques sur l'environnement et la santé est de plus en plus prégnante.

C'est en 1862, lors de l'exposition universelle de Londres, qu'Alexander Parkes, un orfèvre et inventeur anglais, dévoila le premier prototype de matière plastique artificielle : la parkésine. Ce nouveau matériau, fabriqué à partir de la nitrocellulose, présentait des propriétés très intéressantes : il était à la fois rigide et flexible, résistant à l'eau, opaque, et imitait, grâce à sa couleur blanc-crème, les objets en ivoire comme les boules de billard ou les dés à jouer. Depuis, de nombreux plastiques aux propriétés et applications diverses et variées virent le jour. Mais ce n'est qu'après la première guerre mondiale, avec l'expansion de la pétrochimie, que le remplacement des matériaux traditionnels par des substances synthétiques se démocratisa jusqu'à ce que ces dernières deviennent indispensables à la vie quotidienne.

L'INVASION DES MICROPLASTIQUES

La production annuelle mondiale des plastiques est passée de 1,7 millions de tonnes en 1950 à plus de 400 millions de tonnes en 2020, soit 60 kilogrammes par habitant par an. Aujourd'hui, ces matières plastiques très résistantes sont majoritairement utilisées pour des applications jetables : bouteilles d'eau en polyéthylène (PE), bouteilles de soda en polyéthylène téréphtalate (PET), pots de yaourt en polypropylène (PP), couverts en polystyrène (PS), cordelettes en nylon, etc. 80 % deviennent des déchets en moins d'un an, dont 25 % seulement sont recyclés. Par conséquent, 125 millions de tonnes de déchets plastiques sont générés chaque année, dont 10 % auraient pour destination finale les océans, après avoir transité par les réseaux d'eaux usées ou pluviales, les rivières et les fleuves. Au cours de leur périple dans l'environnement, les plastiques sont dégradés en particules de plus en plus fines. Celles dont la taille se situe entre 1 micromètre et 5 millimètres sont appelées microplastiques. Ainsi, l'ensemble des écosystèmes aquatiques est concerné par cette pollution parfois invisible.

La question de l'impact de la pollution par les microplastiques sur l'environnement et la santé est de plus en plus prégnante et mobilise fortement les scientifiques, d'autant plus que ces composés s'avèrent très complexes. En effet, une matière plastique est généralement constituée d'une matière de base, appelée polymère, mélangée à des additifs visant à lui conférer telle ou telle propriété, dont certains, comme les retardateurs de flamme, les phtalates, les nonylphénols ou les bisphénols sont connus pour être des perturbateurs endocriniens. De plus, du fait de leurs propriétés de surface, les plastiques peuvent adsorber d'autres polluants des milieux aquatiques, comme des micro-organismes pathogènes, des métaux, ou des micropolluants hautement toxiques tels les polychlorobiphényles (PCB) ou les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP), contribuant ainsi à la dispersion de ces substances dans l'environnement. Étudier la pollution par les microplastiques revient donc à étudier un véritable "cocktail de contaminants", dont le suivi semble déterminant dans un contexte de plus en plus marqué par la pression anthropique et le changement climatique.

"... évaluer leur impact sur la biodiversité et la santé humaine..."

IDENTIFIER ET ÉVALUER LA TOXICITÉ

Il s'agit donc dans un premier temps, d'estimer l'ampleur de la pollution de l'eau, des sédiments, des organismes vivants et des aliments par les microplastiques, d'en identifier les sources, puis de prédire le devenir de ces déchets dans l'environnement aquatique, dans le but d'évaluer leur impact sur la biodiversité et la santé humaine. Pour cela, des protocoles pour l'identification et la quantification des microplastiques dans ces milieux sont nécessaires. Cependant, aucun consensus n'existe à l'heure actuelle quant aux méthodes pour le prélèvement des échantillons, le traitement pré-analytique et l'analyse.

Après filtration d'une eau issue de rivière, l'analyse des dépôts retenus à la surface du filtre permettent de révéler la présence de microplastiques.

Les microparticules de plastique sont pesées à l'aide d'une balance de précision.

Les chimistes de l'IC2MP (UMR 7285 – CNRS/Université de Poitiers) se sont associés à Hésiode Environnement, à travers un projet de recherche et développement, pour répondre à cette problématique. L'objectif de la collaboration est de mettre en place une méthode robuste et fiable d'identification et de quantification des microplastiques dans des échantillons environnementaux, tout en optimisant les protocoles d'échantillonnage et de pré-traitement.

UNE MÉTHODE PROMETTEUSE

Au cours des dix dernières années, des méthodes analytiques couplant la microscopie à des techniques spectroscopiques (infrarouge ou Raman) se sont développées. Grâce aux bases de données, une centaine de polymères peuvent être identifiés. Les résultats obtenus sont exprimés en nombre de particules classées selon leur taille, leur forme (fragments, fibres, sphères, granulés ou mousses) et leur couleur. Toutefois, ces techniques limitées à des tailles de particules supérieures à 20 µm ne permettent pas de connaître la quantité de microplastiques (exprimée en microgrammes) présente dans un échantillon. Cette information est pourtant nécessaire pour l'évaluation de leur toxicité, puisque "la dose fait le poison".

Afin de pallier cet inconvénient, cette étude s'intéresse aux méthodes de dégradation thermique couplées à la chromatographie (en phase gazeuse) et à la spectrométrie de masse. La pyrolyse consiste à chauffer un matériau solide en absence d'oxygène à une température suffisante pour casser certaines liaisons chimiques et libérer des molécules plus petites qui peuvent être séparées par chromatographie, puis identifiées et quantifiées par spectrométrie de masse. Cette technique a déjà prouvé son efficacité dans le cadre du contrôle qualité de l'industrie des polymères, pour identifier des résines ou des laques en archéologie, ou pour analyser des matériaux solides prélevés sur des scènes de crime. Il reste à démontrer son efficacité et à optimiser son utilisation pour l'identification et la quantification des microplastiques dans des matrices environnementales complexes telles que les eaux, les sols, les sédiments (naturels ou anthropiques). Si son efficacité est avérée, il s'agira alors d'optimiser les protocoles de prélèvement et de traitement des échantillons avant analyse.

L'association Hésiode Environnement est un laboratoire indépendant de recherche spécialisé dans le développement de méthodes analytiques innovantes dans le domaine de l'environnement et de l'industrie chimique et agroalimentaire. Un partenariat privilégié avec l'IC2MP offre la possibilité à Hésiode Environnement d'accéder à des technologies de pointe complémentaires à ses équipements, permettant d'accompagner au mieux les industriels dans leurs problématiques.

Hiba FONTAINE < IC2MP
hiba.fontaine@univ-poitiers.fr

Laurent LEMÉE < IC2MP
laurent.lemee@univ-poitiers.fr

Élodie AUBERTHEAU < HÉSIODE ENVIRONNEMENT
elodie.aubertheau@hesiode-environnement.fr

https://ic2mp.labo.univ-poitiers.fr/

https://www.hesiode-environnement.fr/

Quand les ultrasons soignent le mélanome !

Les ultrasons renforcent désormais l'arsenal thérapeutique des médecins pour le traitement des cancers et en particulier le mélanome, l'un des cancers de la peau.

Aujourd'hui, le mélanome se situe au 9ème rang des cancers et au 16ème rang des décès par cancer en Europe.

L'importance des ultrasons pour notre santé n'est plus à démontrer. Ils permettent le suivi de la grossesse avec échographie fœtale ou le diagnostic de maladies cardiovasculaires avec l'échographie Doppler.

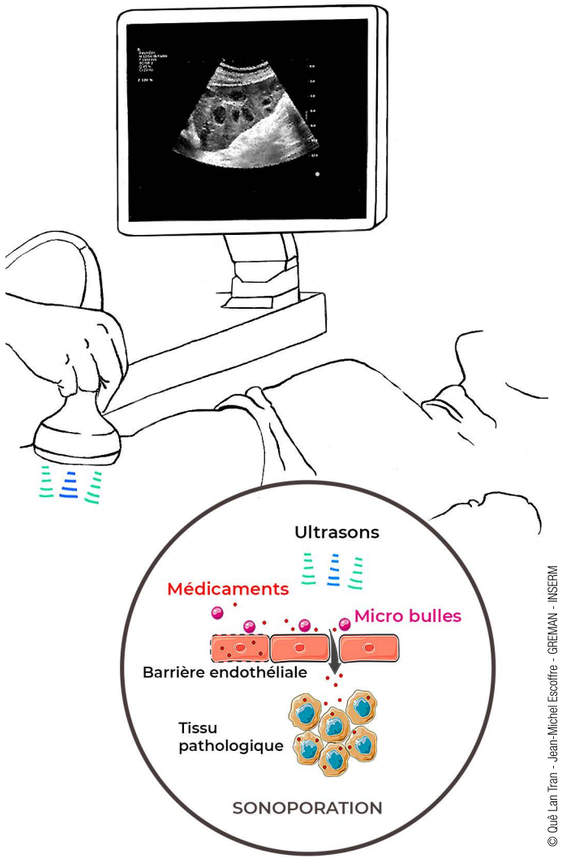
Aujourd'hui, le mélanome se situe au 9ème rang des cancers et au 16ème rang des décès par cancer en Europe. S'il représente une minorité des cancers de la peau, il demeure le plus grave. Son incidence a triplé entre 1980 et 2005. Ces dernières années, l'immunothérapie et en particulier la vaccination à base de cellules du système immunitaire (cellules dendritiques ou CDs), a émergé comme une stratégie thérapeutique prometteuse. Ces vaccins principalement générés *ex-vivo* à partir de CDs prélevées directement sur le patient, doivent être réalisés sur mesure. Ce processus est complexe, coûteux et empêche la généralisation de cette immunothérapie.

Délivrer dans l'organisme des molécules immunostimulatrices renforcent les réactions immunitaires, comme les antigènes tumoraux ou les cytokines. Elles permettraient de contourner les procédures laborieuses et coûteuses rencontrées dans le développement de ces vaccins. Parmi ces molécules, l'interleukine-12 (IL-12) est particulièrement intéressante en oncologie, en raison de sa capacité à stimuler non seulement le système immunitaire adaptatif, mais aussi le système immunitaire inné. Cependant, certaines études cliniques montrent que l'administration systémique de l'IL-12 induit des effets secondaires graves chez les patients atteints de mélanome avancé, alors que l'administration ciblée de l'IL-12 réduit ces effets secondaires tout en conservant son efficacité thérapeutique.

> "...les effets secondaires... sont limités. "

Le GREMAN, laboratoire multidisciplinaire en matériaux, microélectronique, acoustique et nanotechnologies (UMR7347 – CNRS / Université de Tours), participe actuellement au projet IRIS* dont l'objectif est de concevoir une approche thérapeutique reposant sur la délivrance de l'IL-12 par sonoporation, au cœur du tissu tumoral, sous le contrôle de l'imagerie échographique. La sonoporation est un processus physique qui combine des ultrasons et des microbulles de gaz afin d'augmenter temporairement la perméabilité des vaisseaux sanguins qui irriguent la tumeur, à l'IL-12. Ce ciblage augmente la quantité d'IL-12 délivrée dans le tissu tumoral. L'efficacité thérapeutique de l'IL-12 se trouve alors amplifiée et les effets secondaires engendrés par le traitement non-spécifique des tissus sains proches de la tumeur sont limités.

Principe du traitement par sonoporation, à l'aide de la future sonde à ultrasons du projet IRIS.



© Quê Lan Tran - Jean-Michel Escoffre - GREMAN - INSERM

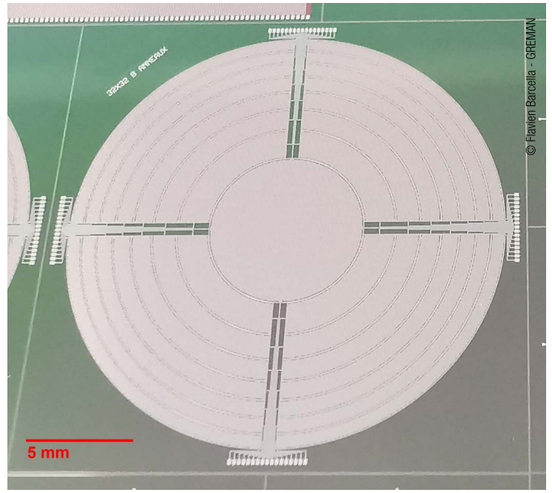
VOIR ET TRAITER EN MÊME TEMPS

Pour cibler le traitement, il faut pouvoir visualiser les tissus à traiter et pouvoir délivrer les molécules thérapeutiques dans ces tissus par sonoporation sous le contrôle de l'échographie.
Cette nouvelle modalité pose de nouveaux défis aux ingénieurs, techniciens et chercheurs du GREMAN car l'instrument capable de réaliser à lui seul ces deux actions n'existe pas : il faut concevoir l'échographie médicale autrement, en tenant compte de différentes contraintes. En effet, les ultrasons utilisés pour la sonoporation sont différents de ceux pour l'imagerie médicale, de par leur intensité, leur fréquence et leur durée d'exposition. Ils nécessitent des circuits électroniques et des émetteurs ultrasonores spécifiques. Il est également important que le futur dispositif reste compatible en termes d'utilisation avec des échographes classiques.

Le projet IRIS vise ainsi à développer une sonde échographique unique, capable simultanément de visualiser les tissus tumoraux à traiter et d'émettre des ultrasons thérapeutiques pour traiter par sonoporation ces tissus. Cette sonde aura la forme d'un capteur pour imagerie échographique classique contenant dans le même boitier deux sources d'émission ultrasonore différentes. Il faudra veiller à ne pas augmenter le volume du capteur, ni à dégrader les performances individuelles de ces deux sources.

2 PISTES TECHNOLOGIQUES À EXPLORER

Le projet de recherche implémentera deux dispositifs : l'un utilisera des technologies dites "standards" qui nécessiteront de revisiter tout le procédé de fabrication de la sonde afin de combiner les fonctions d'imagerie et de thérapie. L'autre s'appuiera sur une technologie issue de la microélectronique, que l'on appelle des Transducteurs Capacitifs Micro-Usinés (CMUT). L'avantage des CMUTs réside dans le fait que ce sont des composant miniatures, dont le diamètre atteint l'épaisseur d'un cheveu, qui devraient faciliter l'intégration et la cohabitation des 2 fonctions au sein de la sonde, sans avoir, a priori, à modifier les procédés de fabrication de cette dernière.



Réseau annulaire de CMUTs composé de plusieurs milliers CMUTs.

Ce futur dispositif échographique pourra traiter le mélanome en délivrant l'IL-12 par sonoporation sous le contrôle de l'imagerie échographique. L'utilisation de ce dispositif ne se limitera pas à cette application. En effet, il pourra délivrer de nombreuses molécules thérapeutiques comme les molécules chimiothérapeutiques, vaccinales, d'antibiotiques ou encore de gènes thérapeutiques pour le traitement de maladies aussi diverses que les cancers, les infections bactériennes et virales.

Dominique CERTON < GREMAN
dominique.certon@univ-tours.fr

Jean-Michel ESCOFFRE < INSERM
jean-michel.escoffre@univ-tours.fr

https://greman.univ-tours.fr/

* Iris (nouvelle **I**mmunothérapie du mélanome : vecto**R**isation du plasmide **I**L-12 par **S**onoporation) est un projet des laboratoires iBrain (Inserm, univ.Tours), GREMAN (CNRS, univ.Tours), GICC (univ.Tours) et de la société VERMON SA.

Les clefs moléculaires de la fertilité mâle

De nombreux marqueurs permettent d'évaluer la fertilité des mâles chez les oiseaux, qui ouvrent de nouvelles perspectives en recherche agronomique et en biologie de la conservation.

La fertilité se définit comme la capacité d'un individu à engendrer une descendance. Elle repose sur la bonne qualité des gamètes qui peut être influencée par de nombreux facteurs comme des maladies, le patrimoine génétique, la nutrition, le stress, etc. Chez les mâles, les spermatozoïdes sont la clef de voûte de la fertilité. Mieux comprendre cette dernière implique donc de s'intéresser à la qualité des spermatozoïdes. Traditionnellement, cette qualité est décrite en fonction de critères macroscopiques et cellulaires comme le volume de la semence ainsi que la concentration, la morphologie et la mobilité des spermatozoïdes, regroupés sous le terme de spermogramme. Cependant, de plus en plus d'études montrent une mauvaise corrélation entre ces spermogrammes et la fertilité vraie d'un individu. C'est pourquoi depuis quelques années, de nouvelles approches moléculaires sont développées pour mieux caractériser les spermatozoïdes, avec l'espoir de découvrir de nouveaux outils d'évaluation de la fertilité individuelle.

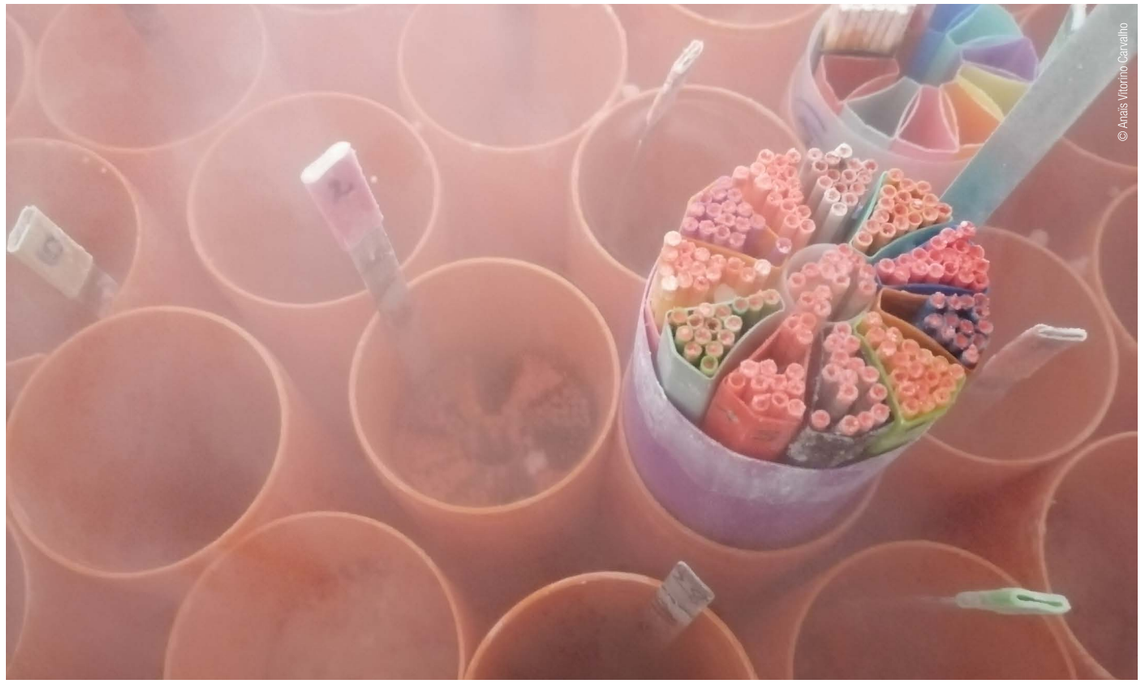
DES PROTÉINES POUR UN NOUVEL OUTIL DE DIAGNOSTIC

Parmi ces nouvelles approches, la plus répandue actuellement s'appuie sur l'étude des protéines, molécules impliquées dans la structure et les fonctions cellulaires. Dans les spermatozoïdes matures, très peu de nouvelles protéines sont produites : ainsi, seulement celles déjà présentes au moment de l'éjaculation assureront l'ensemble des fonctions des spermatozoïdes, constituant donc un bon reflet de leur qualité.

Une partie des chercheurs de l'équipe Interactions Cellulaire et Fertilité, de l'unité Physiologie de la Reproduction et des Comportements (PRC UMR 7247 – CNRS / INRAE / Université de Tours / IFCE), en collaboration avec la plateforme de phénotypage PIXANIM de cette même unité, s'attèlent donc à caractériser le contenu en protéines des spermatozoïdes de coq.

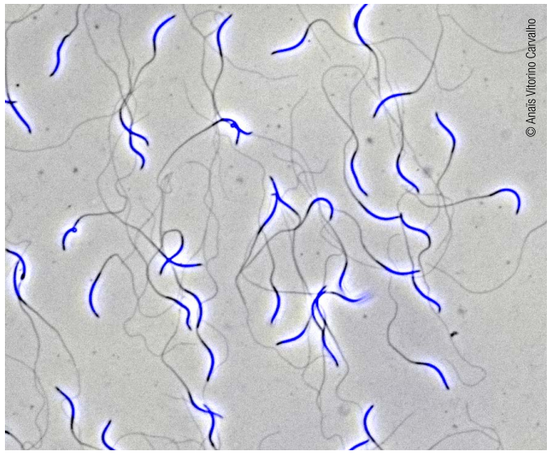
La poule est en effet une espèce de choix pour ces investigations : le prélèvement de semence chez les coqs est non invasif, permettant la collecte d'une grande quantité de spermatozoïdes. Il est alors possible, grâce à l'insémination artificielle, de féconder plusieurs femelles avec le même échantillon de semence. De plus, les femelles pondant un œuf par jour, il est possible d'obtenir au final un grand nombre d'œufs fécondés et donc d'avoir une estimation fiable de la fertilité de chaque mâle. Enfin, il existe chez cette espèce de grandes variations du niveau de fertilité entre les individus, résultat de décennies de sélection sur des critères comme la croissance ou la ponte.

Ainsi, les chercheurs ont comparé les contenus en protéines de spermatozoïdes de coqs de fertilités contrastées par des approches à haut débit, basées sur la spectrométrie de masse. Une nouvelle approche basée sur l'analyse directe des spermatozoïdes permet d'établir des profils peptidiques / protéiques qui diffèrent suffisamment pour permettre le développement d'algorithmes mathématiques pouvant évaluer la fertilité des individus plus efficacement que les spermogrammes. Par ailleurs, à la différence de stratégies plus classiques, les approches protéomiques permettent également de caractériser les mécanismes moléculaires impliqués dans des évènements ayant lieu dans les voies génitales femelles : le stockage des spermatozoïdes ou encore les interactions spermatozoïdes / ovocytes. En plus d'améliorer le diagnostic de fertilité des individus, ces approches nous renseignent donc aussi sur des évènements qui ont lieu après l'accouplement. L'étude plus poussée de ces interactions mâle-femelle nécessitent cependant le développement de modèles *in vitro* d'oviducte de poule, modèles également développés dans cette équipe.



La cryoconservation des spermaotozoïdes est la base de nombreux programmes de conservation de la biodiversité.

La poule est une espèce de choix pour étudier la fertilité.



Spermatozoïdes de coq dont le noyau est marqué par fluorescence bleue.

> "... ces ARN... impliqués dans l'expression des gènes de l'embryon..."

VERS L'IDENTIFICATION DE NOUVEAUX MARQUEURS

Cependant, la fertilité mâle ne se résume pas en la capacité des spermatozoïdes à féconder un ovocyte. Il faut également que les molécules transmises par le spermatozoïde au futur embryon permettent son bon développement. Alors qu'historiquement les scientifiques pensaient que seul l'ovocyte pouvait influencer le développement précoce de l'embryon, des travaux récents développés chez les invertébrés et les mammifères ont montré que les spermatozoïdes avaient aussi leur rôle à jouer. Cette influence s'exerce via des ARN particuliers qui ne sont pas à l'origine de la production de protéines mais qui régulent l'expression d'autres gènes. La fonction de ces ARN présents en faible quantité dans les spermatozoïdes a été longtemps négligée mais nous savons aujourd'hui qu'ils sont impliqués dans l'expression des gènes de l'embryon nouvellement formé.

Chez les mammifères, ces ARN diffèrent en fonction de la mobilité des spermatozoïdes et plus globalement de la fertilité de l'individu, suggérant leur utilisation comme nouveaux marqueurs de fertilité. Cependant, aucune étude n'a montré la présence de tels ARN dans les spermatozoïdes aviaires. Les chercheurs d'INRAE ont donc développé un protocole afin de les mettre en évidence, prouvant qu'ils étaient également présents chez les oiseaux. Des études complémentaires sont actuellement en cours pour explorer le lien entre ces ARN et la fertilité des coqs, afin de mieux appréhender leur influence sur le développement de l'embryon et de potentiellement compléter nos outils d'évaluation de la fertilité chez cette espèce.

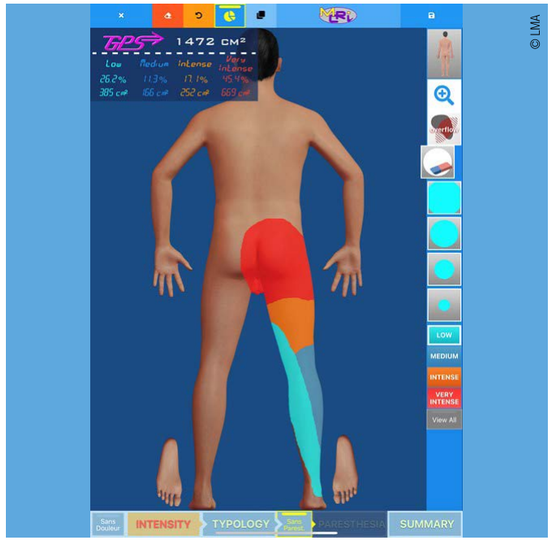
UNE AIDE POUR LA PRÉSERVATION DE LA BIODIVERSITÉ

Les recherches autour de la fertilité des mâles présentent également un intérêt dans un domaine bien particulier : celui de la cryoconservation, processus permettant de conserver des cellules à très basse température. Ce processus est crucial pour les différents programmes de conservation de la biodiversité des espèces et des races, dont fait partie le programme national CRB Anim dédié aux espèces domestiques. Chez le coq, la cryoconservation de semence réduit fortement les capacités de fécondation des spermatozoïdes. Les chercheurs d'INRAE ont mis en évidence une forte modification des protéines spermatiques avant et après cryoconservation, contribuant à cet impact sur la qualité des spermatozoïdes. Des études sont actuellement en cours afin de déterminer si un impact similaire est observable sur les ARN présents dans ces gamètes mâles. En identifiant ainsi les molécules affectées par la cryoconservation, les scientifiques espèrent pouvoir à l'avenir améliorer les capacités fécondantes des semences congelées, et par la même les programmes de conservation de la biodiversité.

Anaïs VITORINO CARVALHO < PRC
anais.carvalho@inrae.fr
https://www6.val-de-loire.inrae.fr/physiologie_reproduction_comportements

Chacun sa souffrance : l'évaluation des douleurs chroniques par les statistiques

Deux laboratoires conjuguent leurs efforts afin de développer des algorithmes statistiques destinés à personnaliser l'évaluation des patients douloureux chroniques selon leur parcours de soins et leur situation psychosociale.



L'outil cartographique permet aux patients de dessiner des différentes zones douloureuses sur un écran tactile. Les pixels du dessin du patient sont ensuite convertis en cm², en utilisant plusieurs repères anatomiques, la morphologie et la morphométrie du patient, afin de mesurer la surface douloureuse d'une manière plus optimale et précise.

Actuellement la douleur est évaluée avec une échelle visuelle analogique allant de 0 (aucune douleur) à 10 (la pire douleur imaginable). Cette échelle est utilisée comme indicateur de l'efficacité des thérapies dans la majorité des essais cliniques évaluant les traitements des douleurs chroniques. Celle-ci ne prend cependant en compte que l'intensité douloureuse, sans considérer les facteurs endogènes et exogènes aux individus. Il est en effet essentiel de rappeler que les douleurs chroniques ne sont pas qu'une perception sensorielle associée à de potentielles lésions des tissus, mais aussi une détresse émotionnelle et un handicap physique qui conduit à une souffrance physique, psychologique et sociale du patient. Par conséquent, la réduction de l'intensité des douleurs n'est qu'un des éléments dans la caractérisation et l'évaluation clinique des thérapies pour les douleurs chroniques. Il est donc nécessaire de pouvoir évaluer l'état de chaque patient avec un outil qui décrit au mieux un état de santé global intégrant ces différents éléments.

> "... la douleur nécessite d'être évaluée avec un outil multidimensionnel..."

Ceci est d'autant plus important que l'évaluation unidimensionnelle de la douleur a des effets délétères pour les patients et la société. Elle est notamment considérée comme l'une des causes de la crise des opioïdes aux États-Unis, responsable de plusieurs dizaines de milliers de morts. Ces médicaments sont utilisés de plus en plus fréquemment et à des doses croissantes afin de réduire les scores de l'intensité de la douleur. Ceux-ci ne sont toutefois pas exempts d'effets indésirables plus ou moins incapacitants, et surtout exposent les populations vulnérables au risque de dépendance sans pour autant parvenir à juguler les conséquences des douleurs chroniques sur la vie quotidienne. La poursuite d'une diminution de l'intensité de la douleur au prix d'une détérioration de la capacité fonctionnelle et de la qualité de vie est, de façon évidente, une approche non-optimale pouvant aboutir à une prise en charge déconnectée des besoins des patients.

ET LES STATISTIQUES DANS TOUT CELA ?

Dans ce contexte, il apparaît aujourd'hui comme une évidence que la douleur nécessite d'être évaluée avec un outil multidimensionnel intégrant les dimensions sensorielles, fonctionnelles et psychologiques des douleurs tout en tenant compte des spécificités comportementales et sociodémographiques de chaque patient. Afin de développer un tel outil, le laboratoire PRISMATICS (CHU de Poitiers) a pu réaliser l'étude prospective multicentrique PREDIBACK incluant les données de 200 patients souffrant de douleurs chroniques après une chirurgie du rachis. Ces données incluaient une multitude de questionnaires évaluant l'intensité de la douleur, la capacité fonctionnelle, la qualité de vie, l'état psychologique, les stratégies d'adaptation, l'activité ainsi qu'un outil d'évaluation cartographique de la douleur qui mesure la surface douloureuse des patients en convertissant des pixels de dessin en cm².

Les patients ont été suivis à 3, 6, 9 et 12 mois après l'inclusion dans l'étude. Les statisticiens ont utilisé ces données afin d'estimer le poids de chaque dimension de la douleur sur l'état de santé du patient. Ensuite, la répartition des poids alloués à chaque dimension a permis de créer des groupes de patients chez qui l'état de santé est impacté par les mêmes dimensions (ex. la capacité fonctionnelle et l'état psychologique). Enfin, ils ont pris les caractéristiques sociodémographiques et cognitivo-comportementales pour décrire les patients de chaque groupe. L'identification des groupes et l'estimation des poids des différentes dimensions se sont faites simultanément grâce à un modèle de mélange d'analyses factorielles pour données longitudinales.

MODÈLE DE MÉLANGE D'ANALYSE FACTORIELLE

En psychologie, la majorité des concepts comme l'anxiété et la dépression sont évalués grâce à des questionnaires. D'une manière similaire, le facteur g évaluant l'intelligence générale est mesuré grâce à un test de QI. Le poids de chaque item dans le test est déterminé en fonction de l'impact de l'intelligence sur l'évaluation de l'item. Ces poids, appelés saturations factorielles sont estimés grâce au modèle appelé "analyse factorielle". Le modèle d'analyse factorielle longitudinale est un modèle qui permet de générer une ou plusieurs variables longitudinales latentes (non observable comme l'intelligence, la dépression, …) en fonction de plusieurs variables longitudinales mesurées (les items d'un test ou d'un questionnaire). Maintenant, supposons qu'un chercheur souhaite vérifier que le test de QI mesure le même concept d'intelligence pour tous les individus d'une population. Les modèles de mélange entre alors en jeu. Les modèles de mélanges sont des modèles très utilisés pour stratifier (ou clustériser) un échantillon. Le terme "mélange" signifie que l'échantillon étudié provient de plusieurs sous-populations avec des caractéristiques différentes. Le modèle de mélange d'analyses factorielles permet d'extraire plusieurs groupes d'individus pour qui un test/questionnaire mesure des concepts différents dans chaque groupe.
Le modèle de mélange d'analyses factorielles s'écrit comme suit :

$$y_{it} = \sum_{c=1}^{C} \mathbb{1}_{\{v_i=c\}}(\Lambda_c \eta_{itc} + \varepsilon_{itc})$$

Il représente le lien entre les scores des différents items y_{it} pour un individu *i* à un instant *t* et les facteurs latents η_{itc} d'un individu *i* appartenant au groupe *c*. Le but étant d'estimer les poids des différents items pour l'évaluation des individus d'un groupe *c*. Le modèle décrit précédemment nous permet aussi d'identifier le groupe d'appartenance de chaque individu. En d'autre terme, cela nous permet d'identifier les poids associé à chaque item pour mieux évaluer l'individu en fonction du groupe auquel il appartient.

PERSONNALISATION DE L'ÉVALUATION

Après avoir identifié le groupe de chaque individu, les statisticiens utilisent les caractéristiques sociodémographiques, cliniques et cognitivo-comportementales afin de les caractériser. Par exemple, ceci peut permettre de vérifier des hypothèses comme "les patients de sexe masculin ont plus souvent tendance à appartenir au premier groupe" ou encore "les patients appartenant à la profession et catégorie socio-professionnelle "ouvrier" ont plus souvent tendance à appartenir au deuxième groupe".

En pratique, la caractérisation des groupes permet d'identifier le groupe d'un nouveau patient pour l'évaluer en utilisant les facteurs latents du groupe auquel il appartient. Cette démarche peut potentiellement aboutir à une évaluation adéquate et personnalisée en fonctiovn des caractéristiques intrinsèques du patient.

Cette approche a été appliquée par le Laboratoire Mathématiques et Applications (LMA UMR7348 – Université de Poitiers / CNRS) sur une multitude d'items incluant la mobilité, l'activité, le sommeil, la vie sociale, l'anxiété ou encore la dépression. Elle a conduit à l'identification de deux groupes de patients pour qui l'état de santé est associé à des variables mesurées différentes. Dans le cadre de la collaboration avec le laboratoire PRISMATICS cette démarche a été mise en place afin de rompre l'état actuel de l'évaluation de la douleur et d'évaluer sa faisabilité en pratique quotidienne. Il serait maintenant également intéressant d'étudier la pertinence de cette approche pour évaluer l'efficacité des traitements dans les essais cliniques. Elle pourrait aussi être adaptée à d'autres domaines comme les sciences de l'éducation et les sciences sociales.

La douleur nécessite d'être évaluée avec un outil multidimensionnel intégrant les dimensions sensorielles, fonctionnelles et psychologiques des douleurs tout en tenant compte des spécificités comportementales et sociodémographiques de chaque patient.

Amine OUNAJIM < PRISMATICS - LMA
Amine.OUNAJIM@chu-poitiers.fr

Yousri SLAOUI < LMA
yousri.slaoui@math.univ-poitiers.fr

Maxime BILLOT < PRISMATICS
Maxime.BILLOT@chu-poitiers.fr

Philippe RIGOARD < PRISMATICS
Philippe.RIGOARD@chu-poitiers.fr

http://rech-math.sp2mi.univ-poitiers.fr/

https://prismatics.fr/

"DESTINS" : un laboratoire commun au service de l'innovation sociale

L'innovation sociale désigne les initiatives construites en réponse aux grands défis contemporains : inégalités sociales, crise environnementale, accès à la santé. DESTINS structure cette nouvelle génération d'approches, de méthodes et d'outils au service de la transformation sociale et écologique.

Intervention d'un facilitateur graphique lors du séminaire du LabCom, le 2 mars 2022 à la MSHS de l'université de Poitiers.

En 2017, une première étude portant sur "la création d'une structure légère de transfert des connaissances en sciences humaines et sociales" a été réalisée par la scop Ellyx (cabinet de consultants en innovation sociale) pour le compte de la Maison des sciences de l'homme et de la société (MSHS) de Poitiers, avec le concours financier de la région Nouvelle Aquitaine, première expérience de coopération sur le transfert en SHS. Pour donner une suite à cette coopération fructueuse, la MSHS de Poitiers et la scop Ellyx ont piloté un projet de laboratoire commun auprès de l'Agence Nationale de la Recherche (ANR) déposé fin 2018 : "Pour une Dynamique des Entreprises, de la Société et des Territoires vers l'Innovation Sociale – DESTINS".

PREMIER LABORATOIRE COMMUN EN INNOVATION SOCIALE

Le dispositif ANR de laboratoire commun vise à renforcer les passerelles entre des entreprises privées et des laboratoires de recherche publics. À plus de 95% il est mis en place avec des laboratoires de sciences et technologie. Parmi les 5% impliquant des laboratoires de sciences humaines et sociales, le LabCom DESTINS est le premier laboratoire commun en innovation sociale. Il a fait l'objet d'un accord de consortium entre le CNRS, l'université de Poitiers et la scop Ellyx signé en février 2019 pour une période de 3 ans (allongée du fait de la pandémie de 6 mois) et arrivera à terme le 31 août 2022.

Les chercheurs de quatre laboratoires de la MSHS de l'université de Poitiers sont associés : les juristes du CECOJI, les économistes du CRIEF, les géographes de RURALITES et les gestionnaires du CEREGE. Parallèlement, le partenaire privé a associé une doctorante (dispositif CIFRE) depuis septembre 2020, dont la thèse sur la recherche et développement sociale s'articule avec les travaux du LabCom et est dirigée par la géographe-économiste responsable de l'un des axes du LabCom.
Les chercheurs et les consultants collaborent sur quatre axes de recherche :

- l'analyse des trajectoires d'émergence et de consolidation des innovations sociales de rupture,
- la caractérisation des acteurs de l'écosystème et des cadres d'intervention et de financement,
- le partage de valeurs, environnement juridique et régulations,
- la mesure d'impact des innovations sociales de ruptures à travers l'analyse de l'écosystème.

Ces quatre axes prennent sens et s'actualisent dans quatre grands domaines d'actions : la transition écologique, l'inclusion sociale et la dépendance, les apprentissages en coopération et les nouveaux usages en partage (habitat, mobilités…).

INNOVATION SOCIALE DE RUPTURE

Le terme "innovation sociale" (IS) est de plus en plus utilisé pour désigner des initiatives et des démarches perçues comme pertinentes pour répondre aux grands défis contemporains : inégalités sociales, crise environnementale, accès à la santé ou à la culture… Depuis une dizaine d'années et dans un contexte d'institutionnalisation des dispositifs de soutien à l'IS, différents travaux ont contribué à préciser et critiquer cette notion.

> "...un véritable changement de paradigme dans la manière de concevoir le problème sociétal... et... la façon d'imaginer les solutions."

L'interconnexion et la complexité des défis identifiés nécessitent de penser des approches globales et ayant un pouvoir de transformation significatif, ce qui a conduit les équipes du LabCom DESTINS à se référer à l'"innovation sociale de rupture" (ISR).

Tout d'abord, l'ISR doit être comprise comme une dynamique combinant plusieurs innovations, de natures différentes : transformation des politiques publiques, des modèles économiques, des représentations culturelles, élaboration de nouveaux services et de nouveaux produits, …
Ces évolutions ne pouvant relever d'un seul acteur, ni même d'un seul type d'acteurs, l'ISR implique nécessairement un cadre de coopération d'acteurs hétérogènes (pouvoirs publics, entreprises, acteurs de l'Économie Sociale et Solidaire, société civile, etc.) appelés à constituer une "communauté de destin", plus ou moins formalisée, mais suffisamment intégrée pour que la démarche soit partagée par tous.

L'ISR propose un véritable changement de paradigme dans la manière de concevoir le problème sociétal auquel elle s'attaque et dans la façon d'imaginer les solutions. Sa contribution à l'intérêt général est manifeste et tangible, et résolument plus impactante que les solutions déjà présentes.

Ainsi définie, l'ISR s'inscrit certes dans un processus plus large de transformation des pratiques sociales, mais la rupture qu'elle opère avec l'existant doit être repérable et objectivable.

UNE HISTOIRE DE "DESTINS"

À partir de juillet 2019, la coopération entre chercheurs et consultants s'est initiée autour de trois terrains d'innovation sociale : COLOGE, une solution de partage de l'usage et de la propriété du logement, VITIREV, dispositif de la région Nouvelle Aquitaine pour que la viticulture sorte de l'usage des pesticides et LABO MOBILE, dispositif du département de Gironde pour soutenir les démarches territoriales radicales de transition écologique et sociale.
Une démarche d'*appel à communs** "coopérer et transformer la société" a été lancée fin 2020 avec plusieurs têtes de réseaux de l'innovation sociale**. L'étude des 25 initiatives ayant répondu a permis de sélectionner trois nouveaux terrains pour le LabCom DESTINS : changement d'échelle économique d'opérateurs coopératifs intervenant sur des marchés de masse, développement de l'accès collectif au foncier agricole et expérimentation pour faire du budget d'une collectivité un outil pour territorialiser la transition écologique et solidaire. Les chercheurs et consultants du LabCom ont été rejoints dans l'accompagnement de ces terrains par deux post-doctorantes - en économie et sciences politiques - et quatre stagiaires - en droit, géographie et sciences politiques.

Parallèlement à ce travail d'enquêtes sur les terrains, chacun des 4 axes de recherche du LabCom a poursuivi sa montée en généralité sur l'émergence (axe 1), la coopération (axe 2), les dispositifs (axe 3) et la mesure d'impact (axe 4) pour aboutir en décembre 2021 à la publication de manifestes sur chacun des axes.

Au cours de la dernière année, l'accent a été mis sur la formalisation du travail effectué, notamment par l'identification de problématiques qui apparaissent décisives au développement des processus d'innovation sociale comme par exemple le transfert territorial, l'association dès le départ du projet des compétences diverses nécessaires ou encore l'hétérogénéité des communautés porteuses.
Par ailleurs, l'observation du travail du LabCom lui-même permet d'identifier quatre champs d'attention particulière quant à la mise en place d'une coopération entre acteurs privés et chercheurs en SHS : les différences de temporalités entre consultants et chercheurs (réactivité et temps long), l'explicitation des enjeux réels de chacun des acteurs, la précision des notions et des termes utilisés et les différences de perception des enjeux de la gestion des données.

Aujourd'hui, il s'agit surtout d'envisager comment poursuivre le travail engagé dans le LabCom avec l'élaboration et l'expérimentation d'un dispositif pilote de soutien à l'innovation sociale de rupture et à la transformation sociale, projet de développement pour lequel la MSHS de Poitiers et la scop Ellyx ont mobilisé le plan France Relance.

Dominique ROYOUX < MSHS Poitiers
dominique.royoux@univ-poitiers.fr

Sylvie SAP < MSHS Poitiers
sylvie.sap@univ-poitiers.fr

Ursula DUCHEIN < scop ELLYX - MSHS Poitiers
ursula.duchein@univ-poitiers.fr

https://mshs.univ-poitiers.fr

https://www.ellyx.fr/

* un appel à communs vise à mobiliser un écosystème d'acteurs invités à coopérer à des innovations sociales ouvertes.

** La Fonda, l'Avise, le French Impact, les Chambres régionales de l'ESS de Bretagne et de Nouvelle Aquitaine, l'INSHS-CNRS, le RNMSH, la confédération générale des Scop, le réseau des territoires pour l'économie solidaire, l'ANCT et le Carrefour des innovations sociales.

Les croisés, ces héros ?

Au Moyen Âge, les croisades étaient un mouvement de masse auquel participaient toutes les classes sociales. En plus des chevaliers, "superstars médiévales", un nombre incalculable de roturiers se rendaient en Orient pour prier sur la tombe du Sauveur, au péril de leur vie.

L'IDÉE DE LA CROISADE

Les croisades médiévales étaient des guerres saintes chrétiennes menées, en théorie, pour la défense de la chrétienté. Tuer en croisade était considéré comme un acte méritoire et une exception à la règle du caractère profondément mauvais de la guerre. Les combattants de Dieu pensaient qu'ils obtiendraient ainsi le salut éternel.

Après la conquête de la ville sainte (1099) et la fondation du Royaume latin de Jérusalem, de nombreuses campagnes sont organisées aux XIIe et XIIIe siècles. Acre, le dernier bastion du Royaume latin sur la côte levantine, tombe aux mains des Mamelouks en 1291. Au cours de cette période, l'idéologie de croisade se transforme : en plus du Proche-Orient, elle se tourne progressivement contre les dissidents et hérétiques du monde occidental et aussi contre les païens aux frontières de la chrétienté. Il en résulte les croisades baltes (1147-env. 1500), la quatrième croisade et le sac de Constantinople (1204), la croisade des Albigeois (1209-1229), et l'intensification de la Reconquista ibérique (env. 722-1492). De nos jours, le terme "croisade" fait encore la une des médias. Dans le jargon moderne, "croisade" peut aussi bien désigner un fanatisme prêt à faire taire toute voix divergente qu'une campagne publique vigoureuse en faveur d'un changement politique, social ou idéologique. La journaliste Pilar Bonet a analysé l'attaque russe contre l'Ukraine dans *El País* du 25 février 2022 sous le titre "Poutine se lance dans une dangereuse croisade."

Un tel concept n'existait pas au Moyen Âge. Lorsque le pape Urbain II, lors du concile de Clermont en 1095, exhorte son audience exaltée à prendre la croix et à marcher vers la Terre Sainte pour aider les frères orientaux, il n'a aucun mot spécifique pour qualifier la croisade.

Les sources latines se réfèrent à la croisade comme un *peregrinatio* ou *iter* (pèlerinage), *passagium* ou *via Hierosolymitana* (la route ou le voyage vers Jérusalem), et *expeditio*, un terme utilisé pour une campagne militaire. Les chansons en langues d'oïl ou d'oc parlent simplement de chrétiens ou de chevaliers qui se rendaient à Jérusalem pour honorer le Saint-Sépulcre et venger le Christ. Foulques IV le Réchin, comte d'Anjou, qui n'est pas allé lui-même en Orient, mentionne que les pèlerins étaient motivés à partir vers Jérusalem pour chasser les "païens" et occuper la ville. L'historien Guibert de Nogent affirme que Bohémond de Tarente, un des meneurs de cette première croisade, était parti en Orient pour libérer la tombe du Christ et "aider toute la chrétienté".

"... un champion de la foi, preux, hardi..."

À partir des années 1180, le terme *crucesignatus* apparaît dans les sources. Cette expression évoque littéralement une personne marquée par une croix, c'est-à-dire un pèlerin de Jérusalem qui a cousu une croix à ses vêtements comme symbole de sa destination, néanmoins sans référence claire à l'intention de combattre. Il en va de même pour les termes *croisée* et *croiserie*, peut-être mentionnés pour la première fois vers 1230 par Bernard, trésorier de Saint-Pierre de Corbie. La *croisade* en français et la *crusade* en anglais dans le sens où nous les entendons, n'apparaissent qu'aux XIVe et XVe siècles.

PÈLERINS ET CHEVALIERS

Le chevalier croisé, protagoniste des croisades dans les chroniques et les chansons médiévales, est un champion de la foi, preux, hardi, et toujours prêt à se battre. Son réseau de connaissances est large et il ne part pas seul. Au sommet de la société, il y a des magnats bien établis qui prennent la croix à l'apogée de leur carrière. Les princes pénitents sont servis et accompagnés par une variété de parents, de vassaux et d'hommes liges, grands et petits. Dans de nombreuses familles nobles, la croisade est devenue une tradition d'une génération à l'autre.

La croisade offre rarement l'opportunité d'accumuler de grandes richesses : la plupart des croisés étaient sincèrement et avant tout motivés par leur religion. Pendant les expéditions, ils sont souvent ravagés par la pauvreté : lors des crises, on dit même que les nobles auraient mastiqué des peaux, des chiens, des rats et des aliments pourris. Le statut de chevalier permet d'avoir en sa possession une monture, mais dans les cas extrêmes, les chevaliers sont prêts à se joindre à la bataille sur des ânes. Le jeune écuyer Gontier d'Aire traversa l'Oronte à la nage et combattit dix Sarrasins pour voler le merveilleux destrier Fabur *(La Chanson d'Antioche).*

Obtenir la gloire était encore un cas différent : les exploits en Orient pouvaient engendrer une renommée immortelle. Tancrède de Hauteville (env. 1078-1112), un jeune chevalier fougueux et sans scrupule, prêt à sauter dans un fleuve en armure pour sauver ses hommes, devint une figure légendaire et le favori des dames dans les récits de croisades. Toujours pragmatique, Tancrède résolut ses problèmes financiers en pillant le trésor du Temple : "Quelle stupéfaction immense à l'intérieur du temple ! Les portes, les murs, les sièges, les tables, les colonnes, tout était ensanglanté. Il n'y avait que du sang." (Raoul de Caen, *Gesta Tancredi*). Godefroy de Bouillon, avocat du Saint-Sépulcre et roi de facto de Jérusalem après la conquête de la ville par les croisés en 1099, fut choisi par ses pairs parce qu'il était volontaire pour y rester et, de plus, parce qu'il ne s'était pas fait d'ennemis chez les barons pendant la croisade, contrairement à ses rivaux. Deux cents ans après sa mort, il était compté parmi les Neuf Vaillants et considéré comme la personnification idéale de la chevalerie.

En réalité, les chevaliers constituaient seulement une petite minorité de croisés. Les croisades étaient un véritable mouvement de masse auquel participait toute la société médiévale : les hommes, les femmes et les enfants qui souhaitaient réaliser un pèlerinage au tombeau du Christ malgré le risque élevé de perdre sa vie en chemin.

Marguerite de Beverley s'engage dans la défense de Jérusalem en 1187, lorsque la ville est envahie par les forces du sultan Saladin. Vêtue d'une cuirasse *(galea)* et utilisant une marmite en guise de heaume, elle apporte de l'eau aux combattants, quand elle est soudain blessée par un éclat de pierre projeté contre les murs. Elle fut faite captive à deux reprises et réussit à regagner l'Europe après de violentes épreuves. Elle prendra finalement le voile dans un couvent de Laon sans jamais avoir revu le Yorkshire, son pays d'origine.

Les croisés entendaient leur participation en terme d'exercice pénitentiel, pour la rédemption de leur âme. Les peuples du passé n'étaient pas moins intelligents ou plus violents que nous depuis toujours. Les hommes choisissent de penser qu'il existe des idées pour lesquelles il vaut la peine de mourir… et de tuer.

Sini Kangas < CESCM
sini.kangas@univ-poitiers.fr
https://cescm.labo.univ-poitiers.fr/

Westminster Psalter, un croisé se met à genoux, env. 1200–1250.
British Library, Ms Royal 2A XXII, fol. 220r.

Queen Mary Apocalypse, Le Christ commande les croisés, env. 1300–1325.
British Library, Ms Royal 19 B XV, fol. 37r.

Matheus Parisiensis, *Chronica maiora* I, Saladin et Guy de Lusignan luttent pour la relique de la Vraie Ccroix, env. 1200–1299.
Cambridge, The Parker Library, Corpus Christi College, Ms 026, fol.140r.

Talents

© CBM

L'ambassadeur de Cuba en France a remis la Médaille Carlos J. Finlay à **Françoise Paquet**, chercheuse au CBM, pour sa contribution scientifique au développement des vaccins contre le COVID-19 pour Cuba.

14 mars Orléans

© CBM

L'Académie des sciences et le MESRI ont décerné le 21 juin le "Prix tremplin Mariano Gago" de coopération bilatérale en recherche à **Eva Jakab-Toth** du CBM. Ce prix est destiné à mettre en valeur et renforcer des coopérations bilatérales en recherche déjà engagées entre 2 équipes, l'une française et l'autre portugaise, en favorisant leur poursuite et leur amplification.

21 juin Paris

© CNRS

Le CNRS a décerné ses médailles. Il récompense cette année **Lucie Pelissier** (Unité PRC à Tours), médaille de Bronze, **Olivier Marlet** (CITERES à Tours), **Laurence Rageot** (MSH Val de Loire à Tours), Cristal collectif pour l'écosystème numérique MASA et **Geneviève Robert** (Pprime à Poitiers) Cristal collectif pour le portail DU. Félicitations !

https://www.cnrs.fr/index.php/fr/talent/index

Conventions

© Université de Poitiers

Le CNRS, l'université de Poitiers, l'ISAE - ENSMA ont redéfini les termes de leurs collaborations en recherche, formation et transfert des résultats scientifiques vers le monde socio-économique par la signature de conventions partenariales, le lundi 4 juillet 2022. Avec la Technopole Grand Poitiers, ils confortent leurs collaborations pour la création et le développement d'entreprises innovantes issues de la recherche publique.

4 juillet Poitiers

ANNÉE DE LA BIOLOGIE 2021-2022

Cette opération lancée par le CNRS et le Ministère de l'Education nationale, de la Jeunesse et des Sports vise à rapprocher les mondes de l'enseignement et de la recherche pour mettre en lumière les grandes avancées et les enjeux de la recherche en biologie.

© Miléna Vérot- CNRS

À Limoges, 50 enseignants du 2nd degré en sciences et technologies du vivant, de la santé et de la Terre ont suivi une journée de formation pour qu'ils actualisent leurs savoirs en biologie au regard des dernières découvertes scientifiques et améliorer ainsi leur connaissance du monde de la recherche.

5 avril Limoges

Une collection prestigieuse

© Marine Bruneau - CNRS

À PALEVORIM a eu lieu l'inauguration de la salle des collections de fossiles regroupant 15 000 spécimens originaux et reproduits découverts dans une quarantaine de sites paléontologiques internationaux, dont une part prépondérante en région Nouvelle Aquitaine.

Ces collections permettent d'explorer l'histoire de la biodiversité et des environnements de cette région et au-delà, depuis le Mésozoïque jusqu'aux périodes historiques. Elles sont des outils essentiels pour la recherche, la formation des étudiants et la diffusion des connaissances vers le public.

18 mai Poitiers

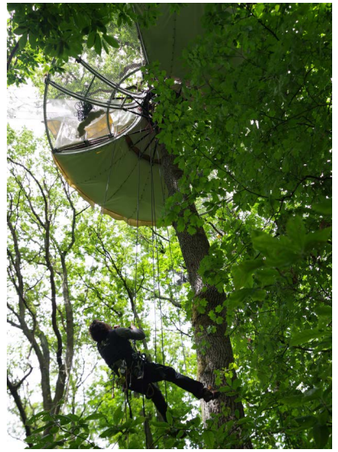
Damia Lab, nouveau laboratoire commun

© Université de Poitiers

Einden et l'institut de recherche XLIM se sont associés pour créer le **Damia Lab**, dédié au DAM (Digital asset management). La convention de création du laboratoire commun a été signée le 7 juin. Depuis une dizaine d'années le laboratoire XLIM contribue à la R&D sur Ephoto Dam, la solution DAM commercialisée par Einden, qui permet de centraliser tous les médias (photos, vidéos, audios) dans un même outil. Dans une démarche européenne de souveraineté numérique, Einden et l'institut de recherche XLIM travailleront désormais pour faire avancer l'état de l'art dans le domaine du DAM et pour développer de nouvelles fonctionnalités ambitieuses.

7 juin Poitiers

Découverte de la canopée… de Tours



© Linda Jeuffrault

© Linda Jeuffrault

L'IRBI a lancé la première phase de l'opération Canopée sur le site du Bois de Grandmont à Tours. La conception de dispositifs d'accès à la partie supérieure de la forêt a pour but d'explorer la dynamique de la biodiversité et la façon dont elle fait face aux contraintes dans des environnements forestiers naturels, péri-urbains ou encore dans des arbres isolés ou de plantation. Cette opération entre dans le projet CPER ValoPat d'étude des patrimoines dans leur diversité prenant en compte les biens transmis à travers les générations, qu'ils soient naturels ou culturels et l'activité d'EntomoCentre, réseau associant des laboratoires universitaires, INRAE et CNRS.

30 juin Tours

1/4 de siècle

© MSHS Poitiers

La Maison des Sciences de l'Homme et de la Société de Poitiers a fêté ses 25 ans d'existence en présence de ses deux fondateurs, Eric Espérêt et Gildas Simon qui ont cru en la pluridisciplinarité et en l'apport des sciences humaines et sociales. Au fil des ans, la MSHS est passée d'une configuration où son rôle principal consistait à venir en appui aux laboratoires à une autre configuration : ses missions se sont étoffées puisqu'elle a la responsabilité, par l'entremise de ses axes, de développer des recherches propres et de donner une SHES.

12 avril Poitiers

© Ludovic Hamon

En 1996, l'université de Poitiers, l'ENSMA (aujourd'hui ISAE-ENSMA) et le CNRS ont mutualisé leurs compétences en matière de partenariat et valorisation de la recherche en créant un service commun aux trois établissements. Depuis, le SPVR accompagne les chercheurs et enseignants chercheurs de Poitiers, Limoges et La Rochelle, en ingénierie de projets, négociation de contrats de recherche avec des partenaires publics et privés, innovation et transfert des résultats de la recherche vers le monde socio-économique.

24 juin Poitiers

LE BLOB un record de taille

© Marine Bruneau - CNRS

C'est au cours de l'opération "Élève ton blob" qu'est venu au lycée Blaise Pascal de Châteauroux l'idée d'un record du plus grand organisme unicellulaire. Les détenteurs de la souche "LU352" se sont donc donné rendez-vous le 3 juin au lycée pour disposer, bord à bord, des carrés de blob de façon à dessiner au sol une spirale. Maintenu dans des conditions optimales pour pouvoir fusionner correctement (pénombre et humidification permanente), le plus long blob de 53,9 m a été constaté par huissier en fin de journée. Ce record a mobilisé des lycéens et professeurs des filières professionnelles, technologiques et générales sous la bienveillance d'Audrey Dussutour, chercheuse CNRS.

En savoir plus sur le blob :
https://www.cnrs.fr/fr/derriere-le-blob-la-recherche-une-experience-de-science-participative-du-cnrs

© Marine Bruneau - CNRS

© Marine Bruneau - CNRS

2 juin Chateauroux

Plan de relance

© Pascal Toutin - CNRS

3 budgets ont été accordés à la Délégation régionale pour mener à bien des travaux de rénovation énergétique des bâtiments publics.

Ils sont en cours, terminés ou sur le point de l'être :

- au CBM (Orléans) avec l'isolation thermique par l'extérieur et le remplacement des menuiseries extérieures du bâtiment administratif pour 450 714 € TTC
- au CEMHTI (Orléans) avec la réfection et l'isolation de la toiture-terrasse pour 217 200 € TTC
- au CEBC (Chizé) avec l'isolation thermique par l'extérieur en produits bio-sourcés de 5 bâtiments pour 1 035 444 € TTC.

Juin Orléans & Chizé

à venir...

Colloques

Les enjeux écologiques...

... et sociétaux des hydrosystèmes : 20 ans de recherche dans le bassin de la Loire.

https://www.msh-vdl.fr/actualite

4-6 oct. | Orléans

TRIBO PPRIME 2022

Systèmes d'étanchéité pour les applications très grande vitesse telles que turbomachines, moteurs d'avion ou véhicules électriques.

https://tribopprime2022.sciencesconf.org

6 oct. | Angoulême

ASAS 2022

1ère école thématique des jeunes chercheurs du continent africain en chimie atmosphérique

https://asas2022.sciencesconf.org

20-29 oct. | Marrakech

MASA 2022

Fabriquer, exploiter, diffuser, archiver et réutiliser des données archéologiques.

https://www.msh-vdl.fr/actualite

30 nov-2 déc. | Tours

MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE
Liberté Égalité Fraternité

fête de la Science

Manifestations

JOURNÉES EUROPÉENNES DU PATRIMOINE

MANIFESTATION - 39e édition sur le thème " Patrimoine durable"

https://journeesdupatrimoine.culturecommunication.gouv.fr

17 - 18 sept | Sur tout le territoire

NUIT EUROPÉENNE DES CHERCHEURS

nuit européenne des chercheur·e·s

MANIFESTATION - Rencontre conviviale entre scientifiques et grand public

https://www.nuitdeschercheurs-france.eu

30 septembre | Limoges

VISITES INSOLITES

MANIFESTATION - Des rendez-vous intimistes, interactifs et exceptionnels pour le grand public autour d'expériences, dans des lieux uniques, avec des échanges privilégiés avec les scientifiques.

https://visitesinsolites.cnrs.fr

7 - 17 oct | Sur tout le territoire