

# microscope

Un regard sur les laboratoires en Centre Limousin Poitou-Charentes

HS18 - octobre 2018

## Physique

Céramiques sous irradiation,  
des qualités et des défauts

## Biologie

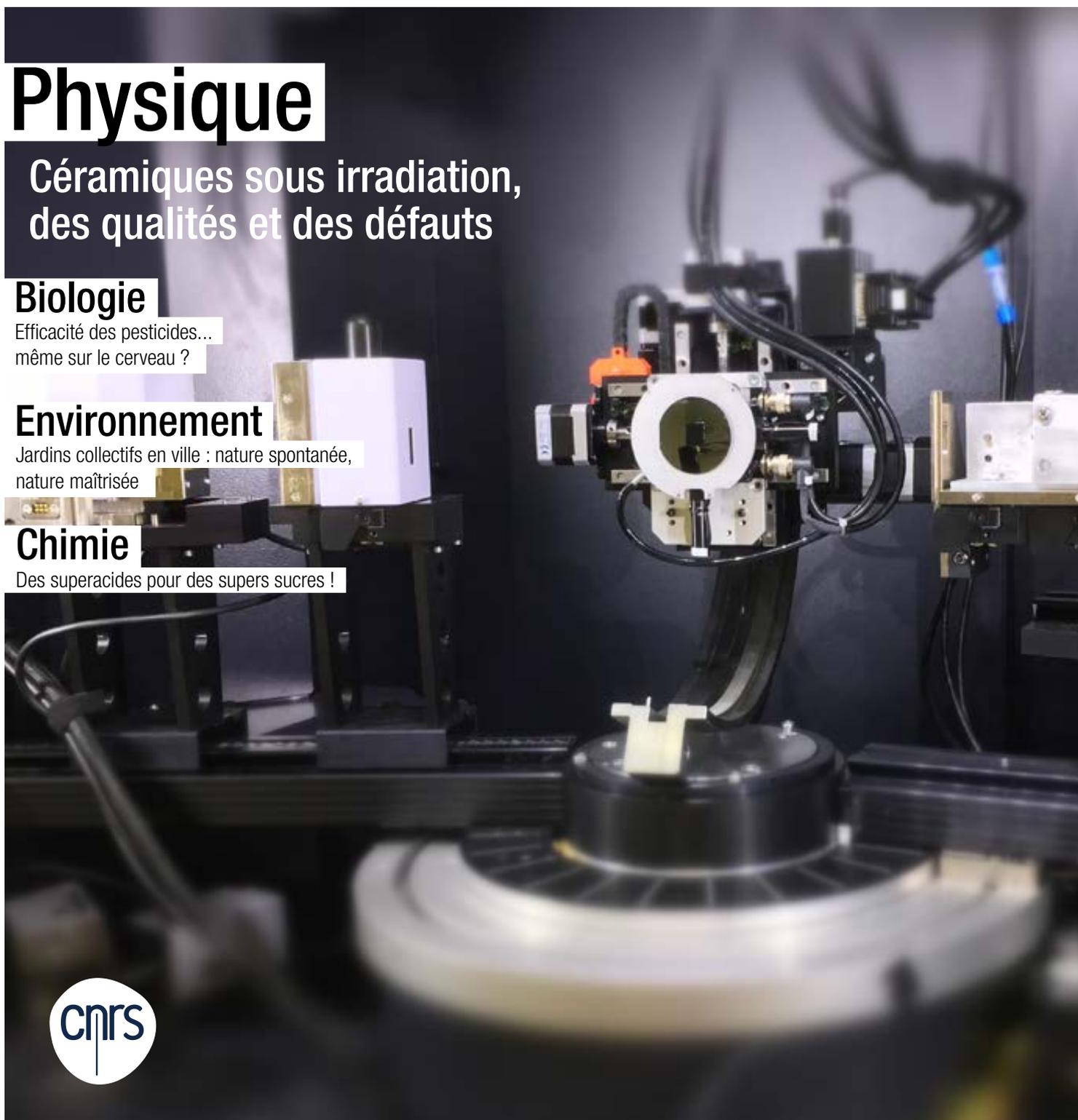
Efficacité des pesticides...  
même sur le cerveau ?

## Environnement

Jardins collectifs en ville : nature spontanée,  
nature maîtrisée

## Chimie

Des superacides pour des supers sucres !





## 4 Physique

- Céramiques sous irradiation, des qualités et des défauts
- Un étonnant halo lumineux

## 8 Biologie

- Vers une peau rajeunie grâce au plasma froid ?
- Canaliser le cancer
- Efficacité des pesticides... même sur le cerveau ?

## 14 Environnement

- Jardins collectifs en ville : nature spontanée, nature maîtrisée
- Les termites s'invitent en région Centre-Val de Loire

## 18 Chimie

- Le dioxyde de carbone " en vert et contre tous "
- Les polymères à empreinte moléculaire : le piège ultime
- Des superacides pour des super sucres !

## 24 Matériaux

- De l'importance des trous dans les roches

## 26 Histoire

- Les réseaux, déjà un enjeu au Moyen Âge
- La haine des femmes, retour sur 60 ans d'histoire

## 30 Paléontologie

- Peau neuve pour les vieux os

# microscop

Un regard sur les laboratoires en Centre Limousin Poitou-Charentes

1818 - octobre 2018

## Physique

Céramiques sous irradiation, des qualités et des défauts

## Biologie

Effet du plasma froid sur le cancer

## Environnement

Jardins collectifs en ville : nature spontanée, nature maîtrisée

## Chimie

Des superacides pour des super sucres

CNRS

ISSN 1291-8083

**Photo couverture :** Diffractomètre à rayons X haute-résolution utilisé pour l'étude fine de matériaux céramiques. © Alexandre Boulle - IRCER

### 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

Marion Blin

### Secrétaire de la publication

Florence Royer  
Manon Parent

### Création graphique

Julie Avrain  
Linda Jeuffrault

### Ont participé à ce numéro :

Yves Blériot, Jean-Renaud Boisserie, Marine Bonnet, Alexandre Boulle, Pascale Brudy, Giovanni Busco, Frédéric Chauvaud, Bérengère Claude, Bruno Constantin, Aurélien Debelle, Émilie Destandau, Francesca Di Pietro, Manon Durier, Céline Dubourg, Catherine Grillon, Franck Guy, Mathieu Hebert, Ludivine Lebedel, Éric Lesellier, Christophe Lucas, Gildas Merceron, Stéphane Mortaud, Elisabeth Nau, Reine Nehme, Jean-Claude Parneix, Marion Poiré, Eric Robert, Fanny Ruhland, Paul Sardini, Lionel Simonot, Sébastien Thibaudeau, Caroline West.

Imprimeur - Prévost Offset - Impression sur papier  
100 % recyclé Cyclusprint.



# Éditorial

Dans ma fonction de Déléguée régionale par intérim, j'ai participé à de très nombreuses instances où la science peut paraître très rapidement lointaine. Microscop y remédie en associant des sujets très fondamentaux à d'autres plus appliqués. Cette alternance semble répondre aux attentes des lecteurs qui, lorsqu'ils se manifestent, sont reconnaissants de l'effort déployé par les laboratoires pour rendre simples des sujets compliqués.

Je remercie tous les scientifiques d'avoir rempli une nouvelle fois cette mission de simplification, d'autant plus sincèrement qu'en octobre le grand public est le lectorat privilégié. Ils ont redoublé de volonté pour que les textes et les illustrations touchent le public familial de la Fête de la Science.

Une fois encore, scientifiques, administratifs, élus ou grand public, vous prendrez plaisir à découvrir ce que cache la porosité des roches, ce que l'efficacité des pesticides engendre, ce que promet le plasma froid ou encore ce que les réseaux avaient d'important au Moyen Âge. Mon énumération s'arrêtera à ces quelques exemples. Mais selon sa sensibilité, chacun trouvera, comme à chaque édition et pour chaque champ de recherche, la présentation de travaux de recherche pointant tout à la fois sur des enjeux de connaissance fondamentale et sur des questionnements au cœur des grands enjeux sociétaux et environnementaux d'aujourd'hui.

En juillet 2017, je faisais pour la première fois l'exercice complexe de la rédaction d'un « édito ». Cet édito est pour moi le dernier en tant que Déléguée régionale par intérim. En effet, Ludovic Hamon, nommé Délégué régional de la circonscription en juin dernier, prendra ses fonctions le 1<sup>er</sup> janvier prochain. Il lui reviendra de vous mettre quelques mots d'introduction à la lecture des futures éditions. Je continuerai de l'accompagner et de vous accompagner en tant qu'adjointe au délégué régional.

Je vous souhaite une très bonne lecture.

À très bientôt.

**Marion Blin**  
Déléguée régionale par intérim

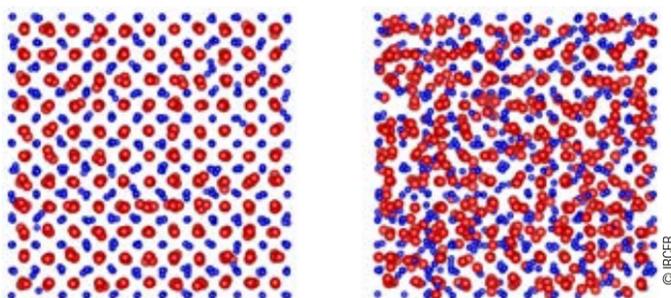


# Céramiques sous irradiation, des qualités et des défauts

La résistance à l'irradiation constitue un point fort des matériaux céramiques dans des domaines aussi variés que l'exploration spatiale, la synthèse de nanomatériaux, le dopage par implantation ionique mais également l'industrie électronucléaire.

Les matériaux céramiques sont réputés pour leurs excellentes performances dans des environnements extrêmes. Ils supportent les hautes températures, couplées ou non à de fortes sollicitations mécaniques, les milieux corrosifs, biologiques ou abrasifs, etc. Le combustible nucléaire lui-même est une céramique composée principalement d'oxyde d'uranium.

Comprendre l'évolution des céramiques soumises à des conditions radiatives intenses et prolongées est un enjeu majeur pour tous ces secteurs. L'Institut de Recherche sur les Céramiques (IRCER, UMR 7315 CNRS / Université de Limoges) est engagé dans ce processus depuis plusieurs années, notamment dans le cadre d'une collaboration avec le Centre de Sciences Nucléaires et de Sciences de la Matière (CSNSM, UMR 8609 CNRS / IN2P3 / Université Paris-Sud).



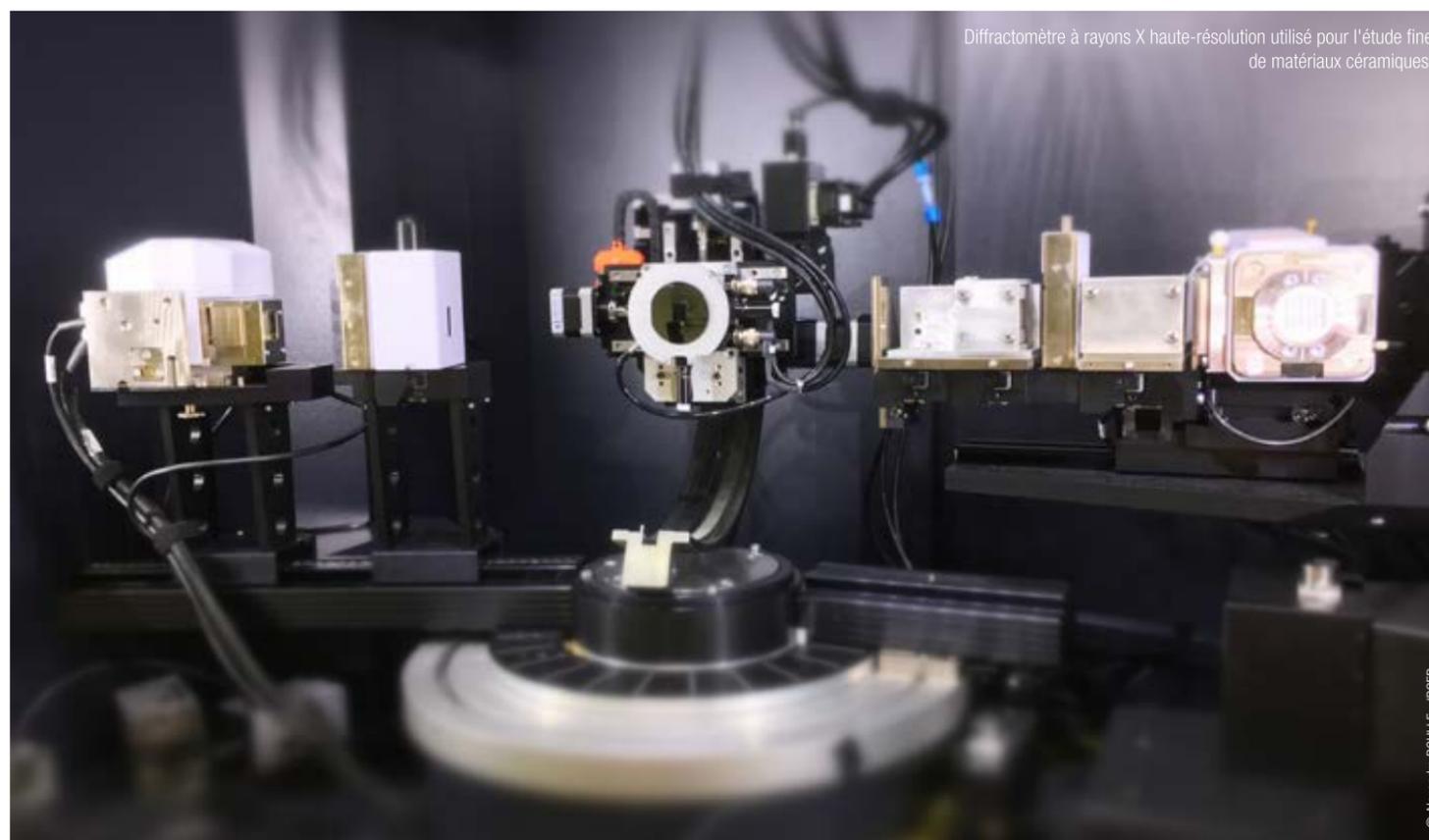
Simulation de l'amorphisation de SiC par augmentation du désordre atomique tel que mis en évidence par DRX : à gauche le cas d'un faible désordre, à droite le cas d'un fort désordre.

## LES CONSÉQUENCES STRUCTURALES DE L'IRRADIATION

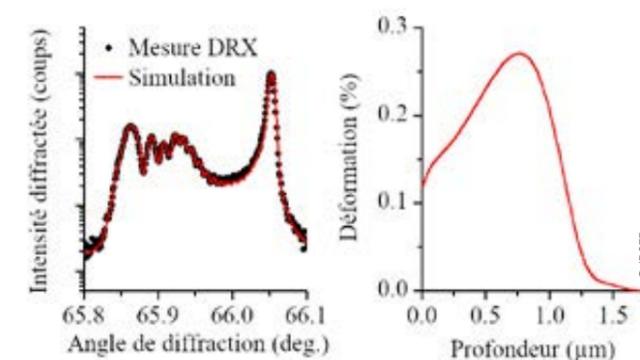
Lorsque la matière est soumise à des rayonnements énergétiques, une grande variété de phénomènes peut se produire, spécifiquement, dans le domaine du keV et au-delà : l'excitation des électrons du matériau et des chocs balistiques entre les particules incidentes et les atomes de la cible. C'est sur ce point que les recherches développées à l'IRCER se concentrent.

Lorsqu'une particule incidente présente une énergie suffisante pour déplacer un atome du matériau cible, celui-ci est éjecté de sa position initiale. Il vient se positionner dans un interstice de la structure du matériau, laissant ainsi un site libre (appelé lacune) derrière lui. Si la majorité de ces défauts structuraux se recombine spontanément, certains d'entre eux survivent et, par l'exposition prolongée au rayonnement, leur concentration augmente. Leur agglomération forme des défauts structuraux de plus en plus importants en nombre et en dimensions. Les conséquences de cette accumulation sont nombreuses et peuvent, *in fine*, compromettre l'intégrité de la céramique (gonflement, fragmentation, fissuration, amorphisation, etc.).

Afin d'appréhender les mécanismes cristallographiques accompagnant ces transformations structurales, l'IRCER collabore avec le CSNSM à l'étude de matériaux modèles (en particulier des monocristaux de plusieurs oxydes et carbures d'intérêt technologique\*), leurs conditions d'irradiations en service sont reproduites de façon paramétrique et



Diffractomètre à rayons X haute-résolution utilisé pour l'étude fine de matériaux céramiques.



Exemple d'une simulation de données expérimentales (gauche) et du profil de déformation associé (droite).

initial (la collision d'une particule avec un atome du matériau) produit une cascade de déplacements atomiques. Leur durée n'excède pas quelques picosecondes et le volume concerné n'est que de quelques nanomètres cubes. Néanmoins, la répétition de ces phénomènes, associés aux phénomènes de diffusion, de croissance et de coalescence finit par affecter des volumes macroscopiques.

Pour prédire l'évolution à long terme des céramiques soumises à des environnements radiatifs, il est indispensable de modéliser leur comportement sur la base de scénarios à l'échelle atomique réalistes. Dans ce contexte, d'importants efforts sont actuellement dédiés au couplage de méthodes de simulations à l'échelle atomique et de techniques de caractérisation, dans le but de valider ou d'invalider les mécanismes issus de ces simulations.

Ces travaux ont ainsi récemment validé les scénarios d'amorphisation de SiC (carbure de silicium) obtenus par dynamique moléculaire et mis en évidence l'existence de vols de Lévy\*\*\* dans la distribution des déplacements atomiques. Une thèse est actuellement en cours\*\*\*\* en vue de développer ces nouvelles approches dans la compréhension des mécanismes d'endommagement dans les céramiques. Un des objectifs de ces travaux de recherche fondamentale est d'alimenter en données et mécanismes des codes de calculs complexes, multi-physique et multi-échelles, servant à explorer des domaines difficilement accessibles expérimentalement (par exemple en situation accidentelle), d'optimiser les coûts et durées de conception et bien sûr d'améliorer la sécurité.

Alexandre Boule < IRCER  
alexandre.boule@unilim.fr

Aurélien Debelle < CSNSM  
aurelien.debelle@u-psud.fr

www.ircer.fr

www.csnsn.in2p3.fr

\* notamment  $UO_2$ ,  $ZrO_2$ ,  $MgO$ ,  $SrTiO_3$ ,  $SiC$ ,  $ZrC$ , etc.

\*\* Ce logiciel, RaDMaX (acronyme de « Radiation Damage in Materials Analyzed with X-ray diffraction »), est diffusé sous licence libre (licence CEA-CNRS-INRIA Logiciels Libres, ou CeCILL) et disponible gratuitement (<https://abouille.github.io/RaDMaX/>).

\*\*\* Les vols de Lévy désignent des phénomènes où certains événements ont des amplitudes beaucoup plus grandes que ce qui est prévu dans le cas d'une loi dite « normale ». On retrouve par exemple ces phénomènes dans les migrations animales, la fluctuation des cours boursiers, la diffusion en milieu turbulent, etc.

\*\*\*\* Thèse entre l'IRCER et le CSNSM, co-financée par l'université de Limoges et l'université Paris Sud, en collaboration avec le CEA de Saclay.

contrôlée par l'utilisation de faisceaux d'ions issus d'accélérateurs de particules (en particulier ceux disponibles au CSNSM). Dans la mesure où les imperfections consécutives à l'irradiation altèrent la structure atomique de ces matériaux, il est possible de caractériser précisément les dommages subis par ces céramiques en déterminant l'évolution de leur structure cristalline. Fort d'une expertise reconnue en matière de caractérisation structurale des céramiques, l'IRCER apporte une compétence nouvelle dans ces études, par l'utilisation de techniques avancées de diffraction des rayons X.

## RAYONS X ET DÉGÂTS D'IRRADIATION

La diffraction des rayons X consiste à éclairer un matériau avec un faisceau de rayons X et utiliser l'interférence des ondes diffusées par les atomes afin d'en déduire leurs positions exactes. Les techniques interférométriques sont souvent utilisées par les scientifiques afin d'amplifier de très faibles phénomènes, comme par exemple en optique ou en astronomie avec la détection récente des ondes gravitationnelles. L'avantage majeur de cette technique est qu'elle permet, en théorie, d'obtenir des informations quantitatives sur la structure de l'échantillon et ce, de façon rapide et non destructive. Cette approche se heurte cependant à plusieurs difficultés pratiques. Il n'est pas possible d'obtenir ces informations par une lecture directe des données expérimentales. De fait, une étape de modélisation des données est indispensable. Afin de faciliter cette tâche, et de la rendre accessible au plus grand

nombre, les chercheurs de l'IRCER ont développé un logiciel\*\* de traitement des données de DRX visant à automatiser cette opération.

"... une image très précise de la structure du matériau et de son évolution..."

L'utilisation de ce programme RaDMaX permet aux scientifiques d'accéder rapidement à deux paramètres essentiels à la compréhension de l'endommagement des céramiques sous irradiation : la déformation de la structure cristalline et le désordre atomique, et ce pour une profondeur de plusieurs micromètres sous la surface irradiée avec une résolution spatiale de quelques nanomètres. L'analyse de ces deux grandeurs, couplée avec des analyses complémentaires par microscopie en transmission ou par spectrométrie de rétrodiffusion Rutherford en mode canalisé produit une image très précise de la structure du matériau (en termes de nature et de densité de défauts) et de son évolution à mesure de son exposition aux rayonnements.

## COUPLER LES EXPÉRIENCES ET LES MODÉLISATIONS

Une des difficultés majeures dans la compréhension de l'endommagement des céramiques sous irradiation est son aspect intrinsèquement multi-échelles, à la fois dans le temps et dans l'espace. Le phénomène

# Un étonnant halo lumineux

En éclairant avec un faisceau très fin une surface diffusante vernie, vitrifiée ou plastifiée, la diffusion de la lumière fait apparaître un anneau lumineux autour du point d'impact. Si ce halo n'est pas perceptible dans des configurations usuelles d'éclairage, la compréhension de cet effet permet une description plus précise de la propagation de la lumière dans les matériaux avec un revêtement transparent, et donc de leur apparence.



Photographie sur plaque de verre de la voie lactée (en négatif). E.E. Barnard, vers 1892-1895 - Illustration de halos photographiques autour des deux points les plus lumineux.

Dans les premiers temps de la photographie, une couche d'émulsion était placée sur une plaque de verre. Lorsque les photographes prenaient l'image d'un point lumineux très brillant, la couche photosensible était impressionnée sur une couronne autour de ce point. Scientifique reconnu, Alfred Cornu expliqua dans un article publié en 1890 ce phénomène qu'il nomma halo photographique en raison de son aspect similaire aux halos lumineux que l'on observe parfois autour de la lune, bien que les origines de ces deux phénomènes soient très différents. Il présenta également un moyen d'éliminer efficacement ces effets particulièrement gênants. Les Frères Lumière s'appuyèrent sur cette étude pour commercialiser des plaques photographiques recouvertes d'une couche anti-halo.

Une fois ce défaut réglé, et avec l'évolution des dispositifs photographiques, l'intérêt pour cet effet lumineux cessa rapidement. Le phénomène a été redécouvert dans le cadre d'une collaboration entre l'Institut Pprime, le laboratoire Hubert Curien de Saint-Etienne et l'Institut d'Op-

tique Graduate School. L'objectif était au départ très différent de celui des « lames épaisses » utilisées pour la photographie au XIX<sup>ème</sup> siècle. Il s'agissait de décrire de la façon la plus complète possible la lumière diffusée par une couche transparente sur un fond diffusant, typiquement une couche de vernis sur une peinture.

## INTERFACE ET DIFFUSION

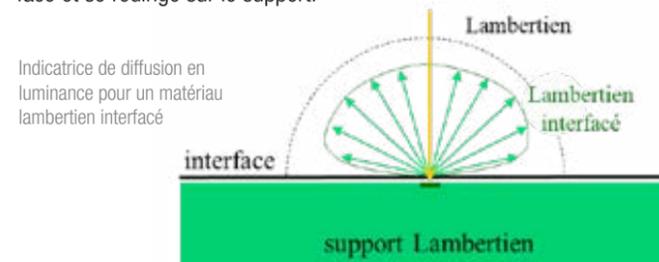
La manière la plus simple pour décrire un matériau fortement diffusant est de considérer que la lumière est diffusée de manière égale dans toutes les directions. Un tel comportement est dit lambertien en référence à Johann Heinrich Lambert qui, au XVIII<sup>ème</sup> siècle formalisa la photométrie, la science de la mesure de la lumière. Un matériau lambertien a une apparence mate. Il est possible de modéliser un aspect brillant en superposant une interface plane à un support lambertien. Si le matériau devient alors effectivement brillant, il est aussi plus sombre et d'autant plus sombre que l'angle d'illumination est important. C'est encore une fois à partir d'une problématique de photographie que les chercheurs Williams et Clapper du laboratoire de recherche de Kodak à Rochester aux États-Unis proposaient une première description de ce modèle en 1953. Il s'agissait cette fois d'étudier l'influence d'une couche de gélatine sur la réflectance d'un papier photo.

Mais que ce soit un support mat (le modèle lambertien) ou un support mat avec une interface transparente (le modèle « lambertien interfacé »), la lumière est supposée y être diffusée strictement au point d'illumination. Autrement dit, ces modèles ne tiennent pas compte de l'épaisseur d'une couche transparente et des diffusions latérales qui peuvent s'y produire.

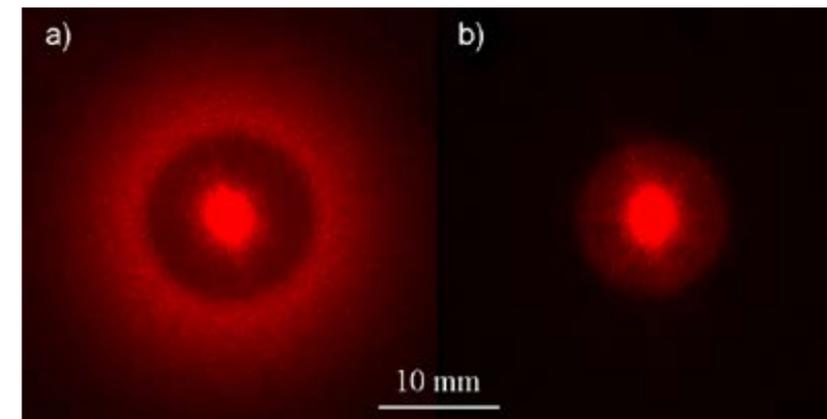
«... la lumière frappe une deuxième fois le support diffusant en formant cet anneau lumineux...»

## DES RÉFLEXIONS MULTIPLES

Considérons un faisceau lumineux fin (par exemple un pointeur laser) éclairant un support diffusant avec un revêtement transparent. Il va d'abord traverser l'interface puis frapper le support en un point. La lumière est alors diffusée dans toutes les directions. Une partie de cette lumière va ressortir à l'aplomb de ce point, mais une autre partie, au-delà d'une certaine inclinaison, est totalement réfléchi par l'interface et se redirige sur le support.



Indicatrice de diffusion en luminance pour un matériau lambertien interfacé



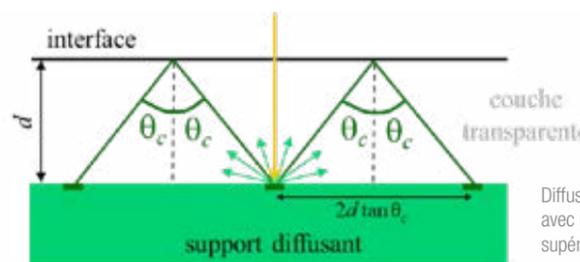
Plaque de verre de 4 mm d'épaisseur sur un papier photographique blanc éclairée par un pointeur laser. (a) Contact optique : la plaque est « collée » au support diffusant à l'aide d'une huile d'indice de réfraction proche de celui du verre, (b) sans contact optique : la plaque est simplement posée sur le support diffusant.

C'est cette propriété de réflexion interne totale qui est utilisée pour transmettre la lumière par fibre optique. Dans cette étude, il n'y a pas de guidage de l'onde car le processus s'arrête dès que la lumière frappe une deuxième fois le support diffusant en formant cet anneau lumineux centré sur le point d'impact. Dans le cas, par exemple d'une couche de verre ou de polymère (indice de réfraction 1.5), le rayon du halo vaut environ 1.8 fois l'épaisseur. Les réflexions multiples ultérieures sans être complètement négligeables, ne participent pas directement à la luminosité de l'anneau. Plus fortes au centre, ces contributions d'ordre supérieur diminuent progressivement en s'en écartant

## UN NÉCESSAIRE « CONTACT OPTIQUE »

Si l'on revient au cas d'une plaque de verre photographique, c'est la couche d'émulsion qui joue le rôle de diffuseur et qui est éclairée en premier. Hormis cela, la géométrie est identique et la couche photosensible va être impressionnée sur une couronne autour du point d'impact. Pour éliminer ce halo, il est possible de noircir la face arrière de la plaque photographique. Mais comme l'indiquait Alfred Cornu, ce n'est pas suffisant : il faut en outre que la couche anti-halo ait le même indice de réfraction que la plaque en verre.

Le halo disparaît également lorsqu'il n'y a plus de contact optique, c'est-à-dire en présence d'une couche d'air même très fine entre le support diffusant et le revêtement transparent. En effet, le contact optique est la condition pour que des rayons suffisamment rasants soient diffusés par le support et puissent être réfléchis totalement par l'interface de la couche transparente.



Diffusion latérale et formation du halo sur un support diffusant avec un revêtement transparent. Les rayons diffusés avec un angle supérieur à l'angle critique  $\theta_c$  sont totalement réfléchis.

## L'APPARENCE VISUELLE DES MATÉRIAUX VERNIS

Dans leur étude, les chercheurs proposent une description photométrique complète de la lumière diffusée par une surface vernie. L'application la plus directe de ces travaux est de pouvoir détecter la présence ou l'absence de contact optique et d'estimer l'épaisseur de la couche transparente. Ce comportement photométrique particulier sous forme d'halo n'est pas directement visible sous un éclairage étendu, comme c'est le cas dans les situations courantes. Il est néanmoins probable que cela influence l'apparence visuelle des matériaux vernis. Cela ouvre des perspectives pour la synthèse d'images.

Le renvoi de la lumière par l'interface supérieure a aussi une conséquence bien connue des imprimeurs. En plastifiant une impression en demi-ton, les couleurs obtenues sont plus sombres et plus saturées. Il est ainsi possible d'obtenir les mêmes couleurs en consommant moins d'encre !

Lionel SIMONOT < PPRIME  
lionel.simonot@univ-poitiers.fr

Mathieu HEBERT < Laboratoire Hubert Curien  
mathieu.hebert@institutoptique.fr

www.pprime.fr

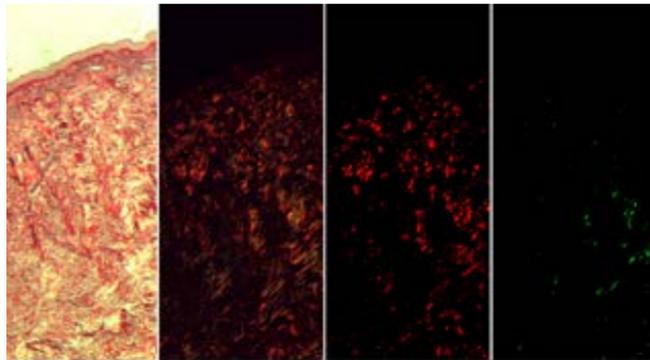
https://laboratoirehubertcurien.univ-st-etienne.fr

www.institutoptique.fr

## Vers une peau rajeunie grâce au plasma froid ?

Avec le temps, l'aspect de notre peau se modifie : ce sont les signes du vieillissement. Les recherches en biologie cutanée se développent de plus en plus pour étudier ces mécanismes moléculaires et trouver des moyens pour prévenir ou ralentir le vieillissement cutané.

Qui n'a pas observé, au cours de sa vie, l'apparition d'une petite ride, d'une tâche pigmentée, ou la perte de tonicité et d'élasticité de sa peau ? Hé oui, dès l'âge de 25 ans environ, notre peau vieillit ! Contrairement à certaines cultures où vieillissement est synonyme de sagesse, dans notre monde occidental, les marques du vieillissement sont plutôt perçues négativement. La recherche s'attèle donc à comprendre les mécanismes du vieillissement cutané afin d'élaborer des stratégies pour le prévenir ou le traiter. La technologie des plasmas froids pourrait-elle offrir une piste intéressante dans ce domaine ? C'est la question à laquelle des chercheurs du Centre de Biophysique Moléculaire (UPR4301-CNRS) et du GREMI (UMR 7344-CNRS/Université d'Orléans) vont tenter de répondre dans le cadre d'un projet partenarial interdisciplinaire de l'ARD2020 Cosmétosciences.



Coupe de peau sur laquelle on distingue différents types de collagènes (en rouge et en vert) dont on peut quantifier la présence par segmentation et analyse d'image.

### LA VIE DE LA PEAU

Notre peau est constituée de 3 couches superposées et bien distinctes, autant par leur structure que par leurs fonctions majeures : l'épiderme qui assure la protection, le derme qui apporte l'élasticité, l'hypoderme qui remplit le rôle d'isolant. Pendant toute notre vie, la peau se renouvelle continuellement à partir de cellules souches et par un équilibre entre synthèse et dégradation des composants de la matrice extracellulaire (collagène par exemple). Après l'adolescence, elle commence à s'altérer progressivement et à vieillir. Le vieillissement est un processus physiologique normal que subit tout organisme (définition du Petit Robert). Les recherches en biologie de la peau ont identifié deux origines pour ce phénomène. Le vieillissement intrinsèque résulte de nos prédispositions génétiques, de notre climat hormonal, des pathologies que nous avons rencontrées. Nos cellules sont programmées pour vieillir ; elles entrent dans un processus de sénescence.

On ne peut pas lutter contre ! Le vieillissement extrinsèque, lui, provient de notre comportement (mauvaise alimentation, stress) et de l'exposition de notre peau aux facteurs environnants : les rayons ultraviolets du soleil, les polluants ou les produits chimiques, le froid et le chaud, les lumières telle que la lumière bleue des écrans d'ordinateur. Ces facteurs, qui constituent l'exposome, accentuent fortement le vieillissement cutané.

### LES MÉCANISMES DU VIEILLISSEMENT CUTANÉ

Depuis de nombreuses années, les chercheurs se sont penchés sur les processus du vieillissement au niveau moléculaire et cellulaire. Actuellement, les résultats montrent que la majorité des effets du vieillissement extrinsèque provient de la génération importante de radicaux libres. Ces petites molécules très réactives, dont on entend beaucoup parler, endommagent la plupart des constituants de la cellule en provoquant un stress oxydant. À ceci s'ajoute la sénescence des cellules qui perdent leurs capacités à lutter contre ces dommages et à se régénérer. Les conséquences sont une perturbation des fonctions cellulaires, qui conduit à une altération de la structure et des fonctions de la peau.

"...de nouveaux moyens de stimuler les cellules cutanées pour régénérer la peau..."

### DE NOUVEAUX MODÈLES D'ÉTUDE DE LA PEAU

Pour étudier les mécanismes impliqués dans les processus du vieillissement cutané et évaluer l'effet de différents traitements, les chercheurs du CBM développent des modèles de culture de cellules de peau *in vitro* en reproduisant le plus fidèlement possible son microenvironnement. En effet, en conditions normales, le taux d'oxygène de la peau, appelé physioxie, est très bas. Il permet de préserver les cellules souches et de conserver un équilibre du tissu cutané. Ces modèles de culture *in vitro* en physioxie sont beaucoup plus représentatifs du métabolisme des cellules cutanées que les modèles classiquement utilisés maintenant les cellules dans l'oxygène ambiant. Ils sont particulièrement adaptés aux études du stress oxydant qui dépend de la teneur en oxygène environnante.

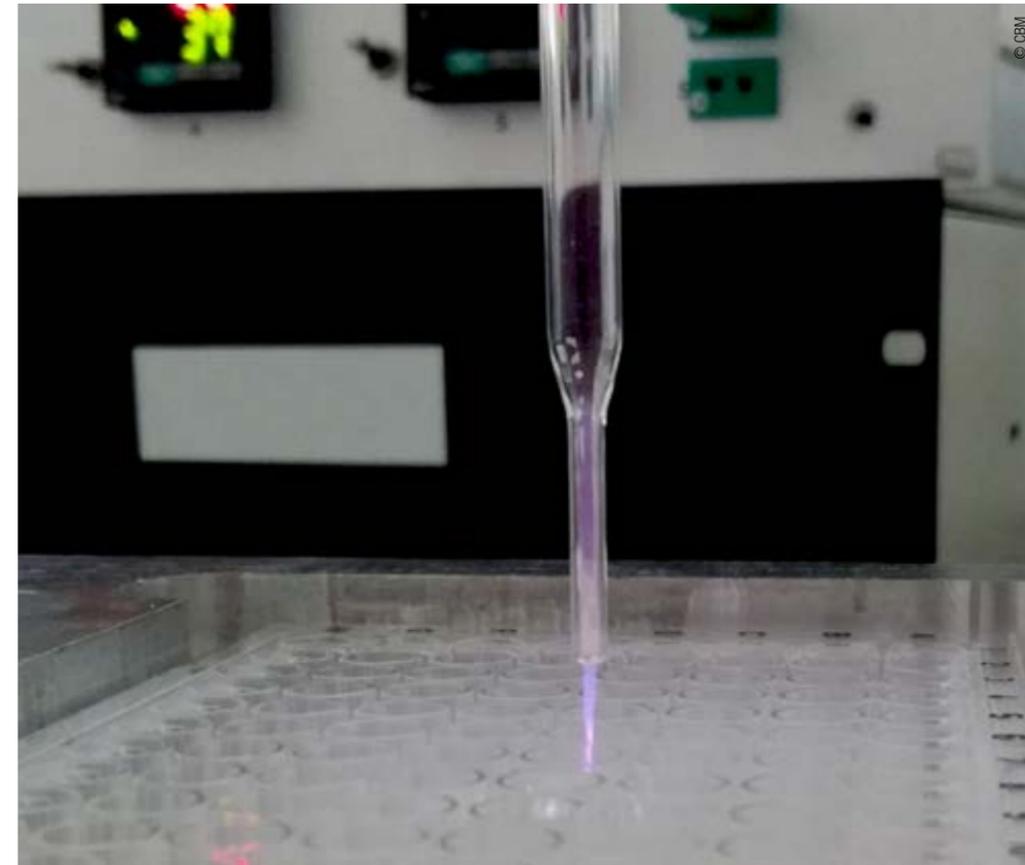
C'est en réfléchissant à de nouveaux moyens de stimuler les cellules cutanées pour régénérer la peau que l'idée d'utiliser le plasma froid a germé en collaboration avec les chercheurs physiens du GREMI.

### UNE NOUVELLE TECHNOLOGIE POUR LE VIVANT

Solide, liquide et gazeux, nous connaissons tous les trois états de la matière. Savez-vous qu'il existe un quatrième état ? Il s'agit d'un état gazeux ionisé qu'on appelle plasma. Le soleil, les étoiles et les éclairs



Différents modèles pour étudier la peau : culture de kératinocytes en 2 dimensions, épiderme reconstruit *in vitro* sur une membrane, explant de peau humaine maintenu en culture pendant plusieurs jours.



Plasma-Gun® utilisé pour traiter les cellules en culture *in vitro* dans les petits puits de la plaque transparente.

sont des exemples de plasmas naturels. Les lampes à fluorescentes sont un exemple de plasmas artificiels. Ces derniers sont déjà utilisés avec succès dans l'industrie (microélectronique, gravure, nettoyage et fonctionnalisation de surface). Récemment, les plasmas froids se sont révélés intéressants pour des applications biomédicales. Des études ont démontré leur action anti-tumorale, désinfectante et cicatrisante. Ces propriétés ont suscité l'intérêt des chercheurs qui commencent à élucider les mécanismes moléculaires impliqués. Le plasma froid atmosphérique est constitué de différentes composantes dont les principales sont le champ électrique et des espèces réactives de l'oxygène et de l'azote. Ces dernières font partie des radicaux libres et, à forte dose, peuvent endommager les cellules et les détruire. Au contraire, à faible dose, elles sont nécessaires à la vie cellulaire et sont capables d'exercer un rôle bénéfique pour l'organisme en stimulant le système immunitaire, le bon fonctionnement des vaisseaux sanguins ou la différenciation des cellules souches.

### LE PLASMA FROID BÉNÉFIQUE POUR LA PEAU ?

Un effet stimulant des cellules de la peau pour induire leur prolifération et leur activité pourrait contrer les effets du vieillissement cutané. C'est dans cette optique que des recherches sont menées pour évaluer les capacités du plasma froid, d'une part, à générer des espèces réactives de l'oxygène et de l'azote de façon contrôlée et, d'autre part, à induire des effets bénéfiques pour les cellules cutanées. Pour cela, le plasma froid est généré par un Plasma-Gun® à hélium développé par les cher-

cheurs du GREMI. Au CBM, des études sont conduites actuellement *in vitro* sur des cellules de peau humaine pour optimiser les paramètres de la source plasma. L'objectif est d'obtenir des effets stimulants sur la croissance cellulaire et la synthèse des molécules de la matrice extracellulaire, notamment le collagène et l'acide hyaluronique. Les premiers résultats prometteurs obtenus *in vitro* sont en train d'être confirmés sur des explants de peau humaine.

Après avoir maîtrisé la complexité de cette source de plasma, l'interaction plasma-peau et l'efficacité de cette technologie, les chercheurs envisagent la réalisation d'un dispositif de soin esthétique comme alternative aux méthodes invasives comme la chirurgie ou le laser, avec l'avantage de n'utiliser aucun actif exogène susceptible de provoquer des réactions secondaires.

Catherine GRILLON < CBM  
catherine.grillon@cns-orleans.fr

Giovanni BUSCO < CBM  
giovanni.busco@cns-orleans.fr

Eric ROBERT < GREMI  
eric.robert@univ-orleans.fr

<http://cbm.cns-orleans.fr>

[www.univ-orleans.fr/gremi](http://www.univ-orleans.fr/gremi)

## Canaliser le cancer

Les canaux ioniques sont des protéines aux rôles tellement fondamentaux que des animaux venimeux comme les scorpions et les serpents ont trouvé un avantage évolutif à développer des toxines dirigées contre ces protéines pour altérer leurs fonctions et agir efficacement contre les animaux atteints par le venin. Chez l'homme, ils sont particulièrement connus pour leur rôle dans le système nerveux et le système cardiaque.

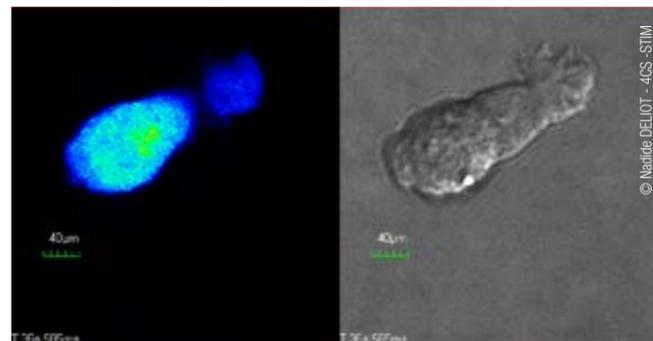


Microscope de fluorescence pour observer les signaux calciques ou les protéines canal et connexines dans les cellules vivantes.

Enchâssés dans la membrane des cellules qui contrôlent les échanges entre le milieu extracellulaire et intracellulaire, les canaux ioniques sont des protéines spécialisées dans le transport d'ions\*. Ces transports d'ions génèrent des signaux électriques et chimiques essentiels à l'activité des cellules. Ils sont bien connus chez l'humain dans les cellules dites « excitables électriquement », comme les neurones où ils sont à la base du message nerveux et les cellules cardiaques où ils contrôlent les battements du cœur. La conduction de l'activité électrique nécessaire à l'activité cardiaque est également dépendante d'une autre catégorie de protéines transmembranaires transportant des ions et des petites molécules, les connexines. Elles s'assemblent en connexons et établissent ainsi une jonction communicante entre les cellules cardiaques, permettant ainsi une meilleure coordination de l'activité de ces cellules.

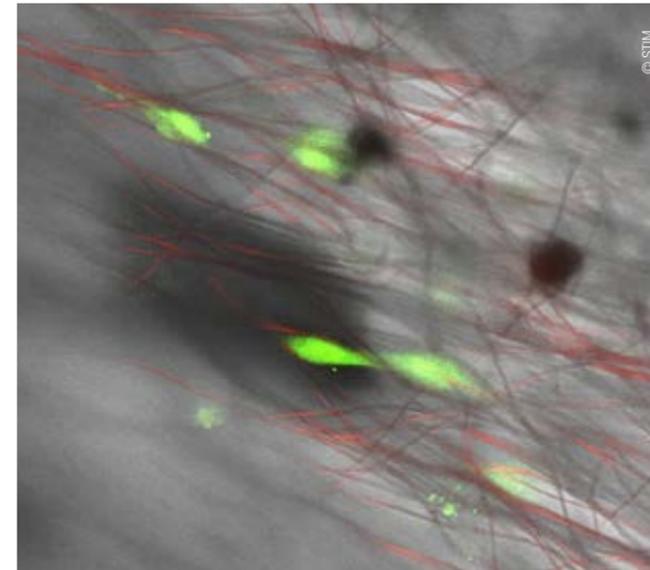
### UN RÔLE DANS LES CELLULES INVASIVES

Le rôle de ces canaux ioniques et connexines est bien connu des physiologistes dans ces tissus excitables. Par contre leur implication dans des cellules capables de se déplacer (migration cellulaire) et de disséminer à l'intérieur des tissus biologiques fait l'objet d'études plus récentes, ainsi que leur fonction dans des cellules capables de proliférer, voire d'auto-renouveler leur population. C'est ce qui est au centre du projet de l'équipe 4CS (Canaux et Connexines dans les Cancer et les Cellules Souches, ERL CNRS 7003) au sein du laboratoire STIM de l'Université de Poitiers. Ses travaux ont montré que certaines connexines et



Cellule leucémique observée en microscopie : à gauche image de fluorescence montrant l'émission d'une sonde servant à suivre les variations de calcium à l'intérieur de la cellule (échelle de pseudo-couleurs). À droite image en lumière blanche montrant la cellule migrante en mouvement et se projetant vers la droite

certaines canaux calciques confèrent à des cellules cancéreuses dont celles du cancer de la prostate, du gliome et du cancer de la peau d'importantes capacités de migration et d'invasion. D'une certaine manière, les cellules cancéreuses maintiennent ou acquièrent leur fort pouvoir invasif en détournant l'activité des connexines ou de canaux calciques et en augmentant la quantité de ces canaux dans la membrane cellulaire. Dans le cas des canaux calciques, l'entrée d'ion calcium dans la cellule cancéreuse est augmentée, ce qui par voie de conséquence stimule une cascade d'événements moléculaires et engendre des acti-



Cellules de gliome observées en microscopie et marquées avec une sonde fluorescente verte afin de suivre leur déplacement et leur capacité migratoire au sein d'un réseau de fibres (visible en rouge).

vités cellulaires. Ainsi, plus la cellule cancéreuse de la peau (mélanome) devient invasive, plus elle exprime ces canaux calciques particuliers (protéines TRPV) et augmente sa signalisation calcique. Ceci la rend encore plus invasive et facilite sa dissémination vers d'autres tissus aboutissant alors aux métastases. Inversement, les chercheurs savent réduire expérimentalement la production des canaux calciques TRPV dans des cellules de mélanome métastatique. Ils ont montré qu'elles devenaient alors moins invasives et que l'apparition de métastases diminuait fortement.

### "...l'identification de ces acteurs moléculaires... ouvre des perspectives thérapeutiques..."

Dans la dissémination à partir de tumeurs de prostate, le processus est similaire : plus les cellules cancéreuses expriment la connexine 43 à leur membrane, plus elles possèdent de caractéristiques invasives et plus elles développent des métastases osseuses. Les mécanismes liés à ces protéines constitutives de canaux correspondent à la fois à un changement d'agressivité propre aux cellules tumorales (sécrétion, migration, adhérence) mais également à l'établissement d'un dialogue anormal avec les cellules osseuses conduisant à un cercle vicieux délétère. Concernant le cas du glioblastome, les cellules cancéreuses vont utiliser la fonction d'interaction de la connexine 43 avec des protéines clés du milieu intracellulaire. Le développement de leur activité invasive va s'en trouver favorisé.

Outre l'intérêt fondamental évident pour la compréhension de ces mécanismes biologiques, l'enjeu pour la santé est d'importance. La métastase est une cause de mortalité majeure chez les patients atteints de ces cancers. Ainsi, l'identification de ces acteurs moléculaires qui augmentent la dissémination des cellules cancéreuses et, qui de plus

sont exposés à la surface des cellules cancéreuses métastatiques, ouvre des perspectives thérapeutiques si l'on dispose ou développe des molécules pharmacologiques ou des anticorps thérapeutiques capables de bloquer ces canaux calciques ou ces connexines.

### RÉGULER L'ACTIVITÉ DES CELLULES SOUCHES NORMALES ET CANCÉREUSES

Certaines entrées calciques, quant à elles, sont qualifiées de capacitatives. Elles sont induites par la baisse de calcium dans des réserves intracellulaires en réponse à différents signaux. Les canaux impliqués dans l'entrée dite capacitative de calcium font pénétrer massivement le  $Ca^{2+}$  extracellulaire dans la cellule. Le  $Ca^{2+}$  participe alors à la signalisation mais encore remplit à nouveau les stocks. À partir des années 2006 des études ont montré que des mutations de ces canaux spécifiques sont liées à un syndrome d'immunodéficience associé à une myopathie. Depuis, ces entrées calciques spécifiques ont été associées à de nombreuses fonctions variées et à différentes pathologies comme des cancers. Le laboratoire a révélé que ces entrées calciques spécifiques étaient essentielles à l'auto-renouvellement des cellules souches neurales adultes. En effet, les cellules souches neurales, de façon à maintenir leur population, se divisent et donnent des cellules souches filles. L'équipe 4CS a montré que ce processus est contrôlé par les canaux calciques. Elle explore également l'éventuelle implication de ces canaux spécifiques dans les cellules souches cancéreuses que l'on trouve par exemple dans des tumeurs cérébrales. Constatant que le maintien de cette population cellulaire est en outre responsable de récurrence de cancer, le laboratoire explore l'expression et le rôle de ces canaux calciques dans les cellules souches de tumeurs cérébrales.

D'autres types de cellules souches à l'origine des cellules sanguines, peuvent être transformées par l'expression d'un oncogène et générer des cellules leucémiques (cancer du sang). Dans ce domaine, l'équipe 4CS a également montré que cet oncogène altère les entrées calciques capacitatives et la signalisation qui en découle et modifie la mobilité de ces cellules. Ici encore, la compréhension du rôle joué par ces canaux spécifiques au sein des cellules initiateurs de cancer, et le ciblage de ces canaux exposés à la surface de cette population cellulaire pourrait ouvrir de nouvelles perspectives thérapeutiques afin de lutter contre la récurrence de certains cancers.

Les projets de recherche de l'équipe 4CS sont financés par la Ligue Contre le Cancer, l'ARC, la Société Française de Rhumatologie, la Région Nouvelle-Aquitaine, et l'Union Européenne (projet Calscreen). Ces projets ont contribué à la construction du GDR CNRS Micronit ([www.micronit.fr](http://www.micronit.fr)) et du réseau canaux ioniques, IC-CGO ([www.ic-cgo.fr](http://www.ic-cgo.fr)).

Bruno CONSTANTIN < ERL 4CS – STIM  
bruno.constantin@univ-poitiers.fr  
<http://stim.labo.univ-poitiers.fr/>

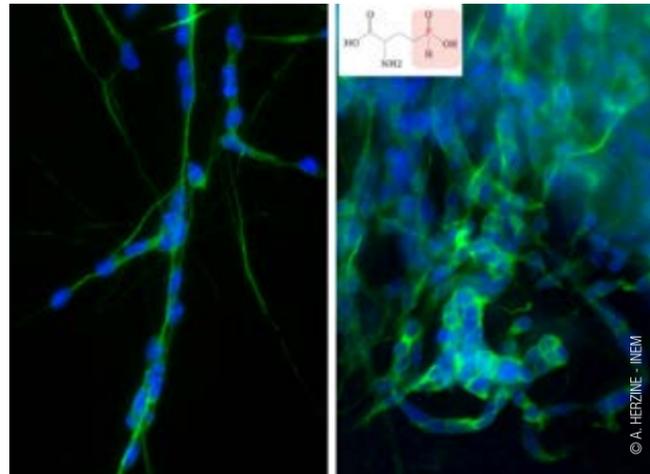
\* sodium  $Na^+$ , potassium  $K^+$ , calcium  $Ca^{2+}$ , ou l'ion chlorure  $Cl^-$ .

## Efficacité des pesticides... même sur le cerveau ?

Lorsque l'on entend parler des effets toxiques des pesticides, c'est le plus souvent en les associant au développement du cancer. Mais qu'en est-il de leurs effets sur le développement cérébral, notamment quand ces molécules ressemblent à des acides aminés, éléments constitutifs de tout organisme ?

Les pesticides sont utilisés par l'agriculture intensive en quantités considérables depuis plus d'un demi-siècle afin de protéger les cultures et les récoltes. Ils sont omniprésents dans l'environnement que ce soit dans l'air, l'eau ou encore dans les aliments. De nos jours, les pesticides posent un véritable problème de santé publique, non seulement pour les utilisateurs qui sont les plus exposés, mais aussi pour la population générale. En effet dès la vie *in utero*, nous sommes exposés tout le long de notre vie, certes à des quantités faibles, non pas à un type de résidu de pesticides mais à un véritable cocktail composé de résidus d'herbicides, d'insecticides ou de fongicides. Les conséquences de ces pollutions semblent déjà se faire sentir.

Des études épidémiologiques menées sur des populations soumis à ces toxiques semblent montrer un risque accru de cancers, de malformations congénitales dans la descendance, d'infertilité, de pathologies neurodégénératives et de déficits immunitaires. Il est maintenant établi que les populations fortement exposées ont un risque accru de développer des pathologies neurodégénératives comme la maladie de Parkinson.



Migration de neuroblastes (jeunes neurones ; marquage par immunofluorescence, en vert) à partir d'explants cérébraux de souris, en culture *ex-vivo*. À gauche, les explants proviennent de souris non exposées à l'herbicide glufosinate *in utero* : la migration est normale, sous forme de chaînes de neuroblastes. À droite, les explants proviennent de souris exposées *in utero* à une faible dose d'herbicide : la migration est altérée (formation d'agrégats, migration ralentie, migration ectopique). En encart : formule chimique du glufosinate.

### DES EFFETS À FAIBLES DOSES AU COURS DU DÉVELOPPEMENT

Pourquoi cette toxicité ? Tout simplement parce que les cibles des pesticides ne se trouvent pas uniquement chez les nuisibles à éliminer mais également chez l'espèce humaine et plus particulièrement dans son cerveau. Cette vulnérabilité est d'autant plus importante au cours de son développement. L'exposition à certains pesticides est aujourd'hui suspectée de participer à l'augmentation des troubles du développement, y compris l'autisme et les troubles de l'attention, avec actuellement une atteinte de 5 % à 8 % des enfants nés chaque année aux États-Unis. Certes, les causes sont en grande partie inconnues.

Cependant, nombre de ces toxiques présents dans l'environnement ont une structure moléculaire similaire à celle des acides aminés voire à des neurotransmetteurs. Des chercheurs du laboratoire d'Immunologie et Neurogénétique Expérimentales et Moléculaires (INEM – UMR7355 CNRS/Université d'Orléans) ont décidé depuis 2010 de s'intéresser à cette problématique. Ainsi, ils étudient les effets de l'exposition à ces substances sur le cerveau au cours de sa formation, phase particulièrement fragile tant elle requière des mécanismes hautement précis et prédéterminés.

"... les efforts de prévention... doivent se focaliser sur... des populations très vulnérables"

### UNE SOUS-ÉVALUATION DES REPERCUSSIONS

L'évaluation des effets toxiques des pesticides est complexe car de nombreux paramètres sont à considérer : la nature du composé, ses propriétés toxicodynamiques, la durée d'exposition et ses variations, l'effet des mélanges, la nature libre ou liée des composés résiduels, les conséquences des expositions in-utero. Les atteintes chroniques dans lesquelles les pesticides sont suspectés sont dénoncées par de nombreux scientifiques. Cependant les études de risque prévues pour tester les pesticides sont insuffisantes pour objectiver leurs dangers potentiels, pour comprendre les mécanismes de leur toxicité et en dernière instance pour développer des politiques de protection de ces dangers. Ainsi, la directive européenne 91/414/CEE, qui gère les évaluations des matières actives des pesticides et leurs autorisations de mise sur le marché (AMM), comporte de nombreuses lacunes et insuffisances. Les évaluations des pesticides ne tiennent pas compte des effets sur les organismes pendant les phases les plus sensibles notamment pendant le développement *in utero*.

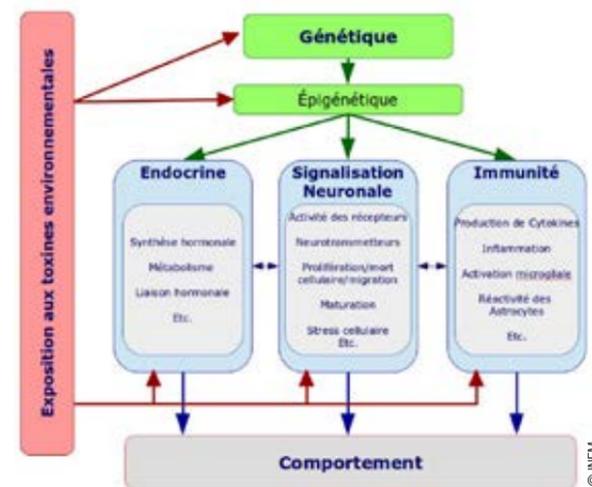
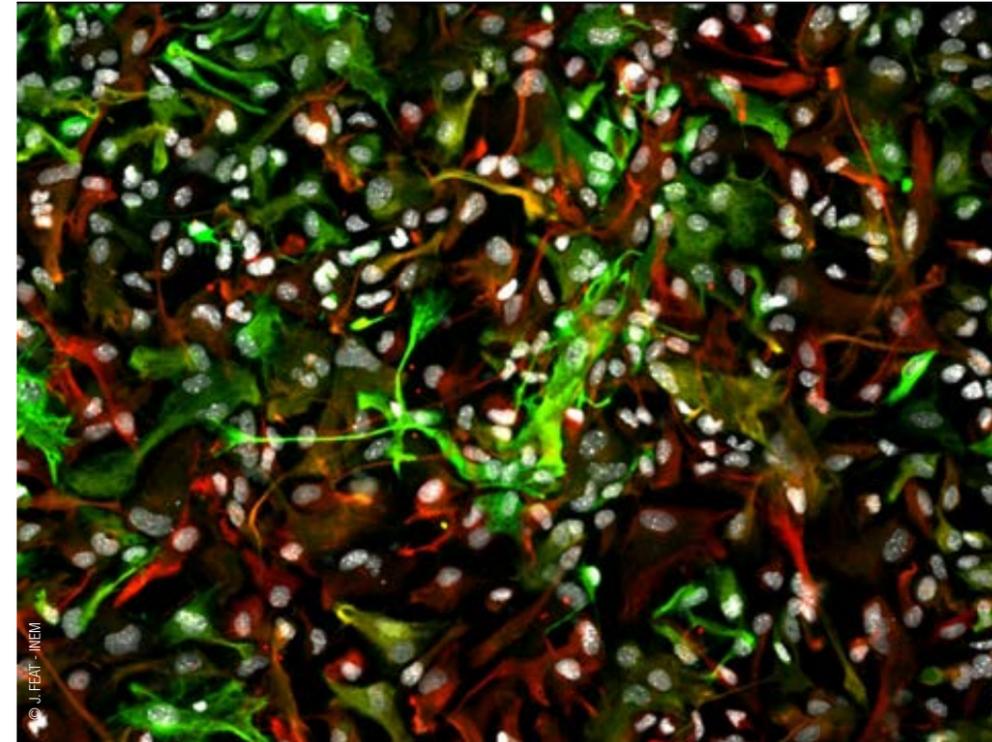


Schéma représentant quelques exemples d'interactions possibles entre des toxines de l'environnement et des cibles cellulaires et moléculaires impliquées dans la formation et la maturation fonctionnelle du système nerveux.



Mise en évidence par marquages immunofluorescents spécifiques, plusieurs populations de cellules souches cérébrales dans un modèle de culture cellulaire *in vitro*. En Orange, cellules souches indifférenciées, en Rouge, cellules souches en voies de prolifération et différenciation, en Vert, des cellules différenciées (ici des cellules gliales astrocytaires). Les noyaux cellulaires sont en gris. Une exposition au glufosinate modifie les proportions de ces différents types cellulaires.

Pour mettre en évidence la toxicité des composés chimiques sur le développement neuronal, des protocoles existent. Ils ne sont pas utilisés de façon systématique et sont largement incomplets. Des preuves ont été mises en évidence dans de multiples travaux de recherche. Elles suggèrent que les efforts de prévention contre les expositions toxiques aux substances chimiques de l'environnement doivent se focaliser sur la protection de l'embryon, du fœtus et des jeunes enfants qui représentent des populations très vulnérables. Il existe donc de nombreuses incertitudes en ce qui concerne les mécanismes d'action et l'ampleur des effets liés aux pesticides sur le développement du système nerveux.

### EXIGER DES TESTS PLUS PERFORMANTS

Un consensus existe pour que les protocoles de tests de toxicité pour les produits chimiques soient étendus en incluant, entre autre, l'examen des fonctions neuro-comportementales. En effet, les protocoles neurotoxicologiques actuellement utilisés se basent toujours sur des critères sommaires, voire rudimentaires, tels que le poids du cerveau et sa morphologie générale. En réduisant au minimum les protocoles de tests, comme cela est encore le plus souvent fait pour le «screening» de la toxicité, il existe un risque réel de sous-évaluation, et notamment pour la toxicité neurodéveloppementale.

C'est en établissant des projets pluridisciplinaires et transversaux, utilisant les connaissances les plus récentes du neurodéveloppement, que les chercheurs de l'INEM progressent dans la mise en évidence et la compréhension des mécanismes de neurotoxicité précoce pouvant conduire à plus ou moins long terme à la mise en place de pathologies du système nerveux. Les projets entrent donc dans le contexte de l'analyse du risque constitué par les xénobiotiques\* nécessitant de prendre en compte la vulnérabilité du développement précoce et les implications à long terme d'une programmation altérée sur le système nerveux. Ainsi par exemple, il a pu être démontré qu'un herbicide mimétique d'un acide aminé, le glutamate, le principal neurotransmetteur exciteur du

système nerveux, avait un effet néfaste suite aux expositions chroniques pendant la période périnatale à de très faibles doses (300 fois inférieures à la dose considérée comme sans effet ; NOAEL : No-observed-adverse-effect level). L'association de tests neuro-comportementaux chez la souris, d'analyses histologiques, moléculaires, immunologiques et biochimiques, a permis à l'équipe de l'INEM de mettre en évidence des altérations cellulaires et moléculaires conduisant à la mise en place de troubles du comportement à l'âge adulte. Par ailleurs, pour étudier les mécanismes altérés par ces expositions précoces, les chercheurs travaillent également sur des cellules souches cérébrales et montrent des altérations au niveau de structure intracellulaire, mais aussi des modifications des voies de différenciations cellulaires ou de leur altération. Ces résultats ont en partie contribué au récent retrait de l'AMM de cet herbicide, pressenti pour remplacer le glyphosate, par l'Agence Nationale de Sécurité Sanitaire (ANSES).

Cette approche de neurotoxicologie développementale est actuellement poursuivie par les chercheurs de l'INEM dans le cadre d'un nouveau projet soutenue par l'Agence Nationale pour la Recherche afin d'étudier l'action de pesticides, mais aussi de toxines naturelles, comme les cyanotoxines, qui contaminent de plus en plus souvent les lacs et rivières et qui ont encore défrayé les chroniques cet été.

Stéphane MORTAUD < INEM  
stephane.mortaud@cnrs-orleans.fr

Céline DUBOURG < INEM  
celine.dubourg@cnrs-orleans.fr

www.univ-orleans.fr/inem

\* Un xénobiotique est une substance présente dans un organisme vivant mais qui lui est étrangère. Il n'est ni produit par l'organisme lui-même, ni par son alimentation naturelle. Il peut par exemple s'agir d'un médicament ou d'une molécule chimique polluante à l'intérieur d'un organisme.

## Jardins collectifs en ville : nature spontanée, nature maîtrisée

En ce début de XXI<sup>e</sup> siècle, la nature en ville suscite une attention croissante dans la communauté scientifique. L'inexorable extension des surfaces urbanisées invite en particulier à s'intéresser au rôle que peuvent jouer les villes dans la conservation de la diversité biologique.



La gestion des jardins collectifs, l'acceptation de la flore spontanée : des thèmes qui ont fait l'objet d'une journée d'étude organisée dans le cadre du Pôle alimentation de l'Université de Tours le 11 Juin 2018.

À l'échelle globale, l'urbanisation participe fortement à l'érosion et l'homogénéisation de la biodiversité. La part de la population urbaine augmente, et, par conséquent, les attentes sociétales sur les espaces de nature en ville s'accroissent. Ainsi, l'importance de ces lieux pour les usages récréatifs, mais aussi pour la santé et le bien-être des citoyens s'affirme davantage. Dans le cadre de politiques de densification du bâti, ces attentes se heurtent néanmoins à des pressions foncières.

L'intérêt social, mais aussi environnemental des espaces de nature en ville est malgré tout de plus en plus admis. On commence notamment à penser les espaces verts comme des lieux d'éducation à l'environnement. Toutefois, dans la majorité des espaces verts publics, les citoyens n'ont que peu de prise sur la gestion de la nature. Un rôle plus actif vis-à-vis de la nature en ville est présent dans le jardinage urbain, à travers l'aménagement de l'espace et les pratiques culturelles mises en œuvre. Parmi les jardins urbains, les jardins collectifs ont la particularité d'offrir une opportunité d'imitation et de transmissions de savoirs entre jardiniers. En outre, ces espaces, généralement installés sur des surfaces communales, sont le plus souvent gérés par le biais d'associations : ce sont donc des lieux privilégiés pour sensibiliser leurs usagers à la protection de l'environnement et de la biodiversité.

### DES FONCTIONS ET DES ENJEUX EN ÉVOLUTION

Les jardins collectifs, ou jardins associatifs, réunissent une multitude de formes de jardinage urbain non individuel, depuis les jardins familiaux, héritiers des jardins ouvriers, aux jardins partagés. À l'origine liés au paternalisme industriel et à l'urbanisme culturaliste, et représentant alors un amortisseur des conflits de la ville industrielle, ils ont connu des variantes successives depuis le début du 20<sup>e</sup> siècle et font l'objet d'un renouveau depuis les années 1990 dans plusieurs pays, dont la France. Leur existence est en relation avec les pratiques populaires du jardinage, qui ont évolué depuis le 19<sup>e</sup> siècle, en lien avec les changements sociologiques des jardiniers et les mutations urbaines.

Pour leurs initiateurs, ils avaient des fonctions morales, voire moralisatrices, avec comme objectif explicite d'éloigner les ouvriers du cabaret et du mouvement ouvrier naissant. Pour les jardiniers, ils avaient avant tout des fonctions alimentaires et économiques. Depuis leur récente revalorisation, ces fonctions se sont diversifiées : il s'agit moins d'auto-suffisance alimentaire que de diversification et de qualité alimentaire, malgré des analyses récentes montrant une qualité des sols des jardins collectifs parfois inadaptée à la production alimentaire. Des enjeux de bien-être (activités physiques de plein air, proximité avec la nature) et de sociabilisation apparaissent. Pour les collectivités locales les jardins collectifs peuvent représenter une modalité peu onéreuse d'entretenir



Localisation typique des jardins collectifs le long de voies de communication.

les délaissés urbains et de gérer temporairement des réserves foncières et des espaces potentiellement urbanisables. L'intérêt pour l'éducation à l'environnement et la conservation de la biodiversité urbaine s'est récemment ajouté à ces enjeux. Plusieurs études récentes démontrent ainsi l'intérêt de ces espaces pour l'agrobiodiversité\* et leur potentiel pour la biodiversité urbaine. En effet, une partie des jardins collectifs est localisée sur des délaissés urbains non constructibles (emprises routières et ferroviaires, zones fluviales inondables) et constitue un ensemble de corridors biologiques potentiels. Cependant, ce potentiel dépend étroitement des pratiques horticoles mises en œuvre.

" ... la végétation spontanée dans les espaces interstitiels... est mal acceptée... "

### COMMENT JARDINENT LES JARDINIERS ?

Ces pratiques sont tributaires de la fonction de ces jardins, mais aussi des dispositions réglementaires. En effet, la loi Labbé, qui entrera en vigueur en janvier prochain, interdit l'utilisation des pesticides de synthèse dans les zones non agricoles, en particulier pour le jardinage amateur. Les recherches de CITERES se déroulent dans le contexte de l'application de cette loi, et portent plus précisément sur les jardins familiaux représentant la majorité des surfaces de jardins collectifs. Le laboratoire s'appuie sur deux cas d'études : les agglomérations de Tours et d'Orléans. Ces deux sites de la région Centre-Val de Loire ont une longue tradition du jardinage collectif, puisque leurs premiers jardins ouvriers ont vu le jour à la fin du 19<sup>e</sup> siècle. Les jardins familiaux cartographiés par photo-interprétation et leurs gestionnaires identifiés, une première étape des travaux a permis d'interroger les gestionnaires (associations et communes), avant une phase d'enquête auprès des jardiniers eux-mêmes.

### LA BIODIVERSITÉ DANS LES JARDINS FAMILIAUX, UNE PLACE AMBIGÛE

Ces entretiens ont montré que la plupart des gestionnaires orientent les jardiniers vers des pratiques respectueuses de l'environnement, en particulier l'abandon des pesticides de synthèse. Mais ils acceptent difficilement la végétation spontanée. La place de la biodiversité pour les gestionnaires est ambiguë : d'un côté, des actions sont souvent engagées pour favoriser les insectes et les oiseaux, auxiliaires de culture (nichoirs, hôtels à insectes, etc.). Mais d'un autre côté, la végétation spontanée dans les espaces interstitiels (les allées) est mal acceptée

alors qu'elle pourrait y tenir lieu de refuge pour la faune auxiliaire. Ce positionnement semble en partie lié à la fonction des jardins : ils sont considérés avant tout comme des espaces de production de légumes. Or, « l'herbe » est perçue comme antinomique à la fonction de production. Elle est donc souvent sujette à l'hostilité. Il est possible que le jardinage familial français s'oriente vers le loisir qui privilégie le bien-être et le cadre naturel, comme c'est le cas dans certains pays d'Europe centrale. Dans ces pays, où se sont développés les premiers jardins familiaux, la culture de légumes n'est aujourd'hui pas toujours obligatoire et, depuis une dizaine d'années, les surfaces à usage récréatif sont de plus en plus importantes.

Néanmoins, une telle évolution de la fonction des jardins familiaux français n'aboutirait pas nécessairement à l'acceptation de la flore spontanée dans ces espaces. En effet, le facteur esthétique semble prépondérant dans le traitement que les jardiniers réservent aux « mauvaises herbes » : ainsi, les jardins enherbés sont souvent qualifiés de « sales ». Une gestion des jardins collectifs plus favorable à la biodiversité ne pourra donc voir le jour sans une remise en question du « beau jardin » comme un espace où la nature est totalement choisie, maîtrisée, modelée.

**ALTHERCOL : les pratiques alternatives aux herbicides dans les jardins collectifs en ville, 2017-2020** porte sur les pratiques horticoles dans les jardins collectifs et leurs déterminants. Il est financé par l'Agence Française pour la Biodiversité dans le cadre de l'appel à Projets Recherche et Innovation ECOPHYTO2-JEVI 2016 intitulé « *Mise au point de solutions alternatives aux produits phytopharmaceutiques dans les jardins, espaces végétalisés et infrastructures (JEVI) – Accompagnement du passage au zéro pesticide sur certains espaces des JEVI* », dont ALTHERCOL est l'un des lauréats. Le plan Ecophyto II (Ministère de l'Agriculture) vise à réduire progressivement l'utilisation des produits phytosanitaires ; un de ses volets s'attache à aider les gestionnaires d'espaces verts en ville et les jardiniers à se passer de ces produits. Dans ALTHERCOL, CITERES est en partenariat avec France Nature Environnement Centre-Val de Loire (Orléans), la Fédération Régionale des Associations de Protection de la Nature et de l'Environnement, qui est la structure animatrice du plan Ecophyto dans les JEVI pour la région Centre-Val de Loire.

Francesca DI PIETRO < CITERES  
dipietro@univ-tours.fr

Marion POIRÉ < CITERES  
marion.poire@univ-tours.fr

<http://citeres.univ-tours.fr/>

\* c'est-à-dire la diversité des végétaux cultivés

# Les termites s'invitent en région Centre-Val de Loire

Les dégâts causés par les termites en région Centre-Val de Loire représentent un problème majeur en termes d'économie et de conservation du patrimoine. La nécessité de développer des méthodes de lutte respectueuses de l'environnement et en accord avec la législation est donc primordiale\*.

## LES INVASIONS BIOLOGIQUES EN ZONE URBAINE

Les invasions biologiques sont des problèmes majeurs de notre société actuelle. En plus des conséquences avérées sur la biodiversité et le fonctionnement des écosystèmes, l'expansion de ravageurs induit des conséquences économiques et sociétales plus ou moins importantes en fonction des régions touchées et de la capacité des espèces à s'établir dans le nouvel environnement. Les insectes sociaux sont des espèces candidates idéales aux invasions biologiques. Ils ont de grandes capacités d'adaptation comportementale et écologique liée à la vie en groupe. En effet, ils possèdent une grande plasticité dans leur mode de reproduction avec une division du travail déterminée par un système de castes. On retrouve ainsi des individus spécialisés dans la reproduction (caste reproductrice) et des individus peu fertiles voire stériles. Parmi les insectes sociaux les termites souterrains ont une particularité qui renforce leur pouvoir invasif. En effet, tous les individus, sous certaines conditions, ont la capacité de changer de caste pour se différencier en reproducteur (excepté les soldats). La structure sociale du groupe peut ainsi être modifiée et permettre la prolifération rapide de la colonie dans un nouvel environnement (20 ouvriers suffisent à fonder une nouvelle colonie). En plus de ces spécificités, les zones urbaines sont des milieux propices au développement des termites en raison des hautes températures résultant du chauffage des habitations qui empêche le sol de geler en hiver. Le patrimoine urbain représente aussi une nourriture abondante.

"...trouver d'autres méthodes de lutte plus sélectives et écoresponsables."

## UNE LUTTE ÉCORESPONSABLE

La région Centre-Val de Loire possède un des patrimoines naturels et culturels les plus importants de France, inscrit au patrimoine mondial de l'UNESCO. Plus de 3 000 emplois sont liés à l'activité touristique.

L'alimentation cellulosique des termites rend extrêmement vulnérable ce patrimoine (escaliers, boiseries, charpentes, livres...). En plus des emplois risquant de disparaître avec la diminution de l'activité touristique, le coût alloué pour la lutte et les réparations s'élève à plusieurs millions d'euros par an. La région a donc pris à cœur de financer des programmes de recherche afin de lutter plus efficacement contre le risque termite.

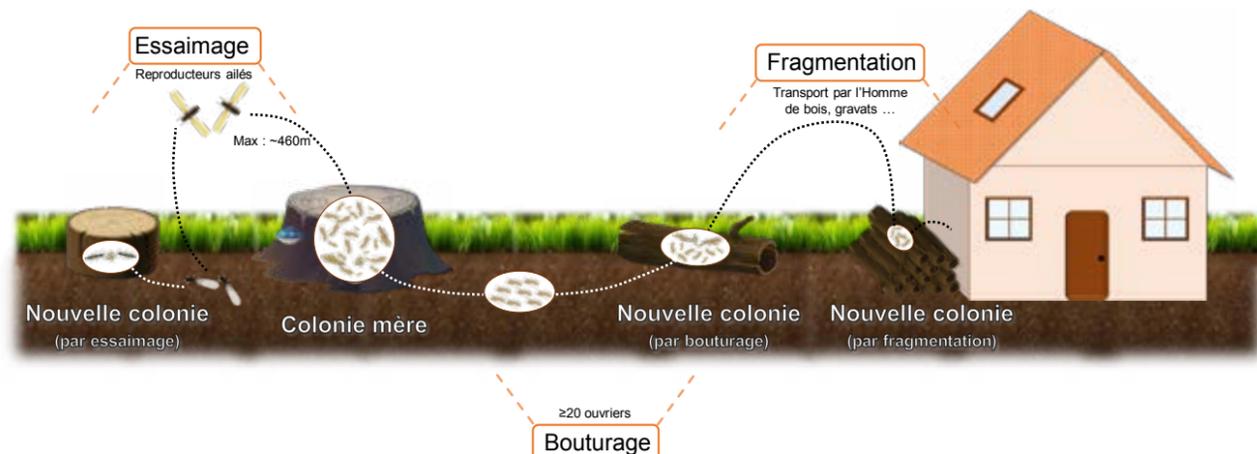
La méthode de lutte biologique principalement utilisée aujourd'hui contre les termites est un pesticide inoffensif pour l'Homme permettant la mort progressive de la colonie. Cependant il n'est pas totalement sélectif aux termites puisque son action impacte la mue des insectes en générale (processus de transformation totale ou partielle de l'individu). Ainsi tous les insectes peuvent être touchés et notamment les espèces auxiliaires de culture ou encore les principaux prédateurs naturels des termites à savoir les fourmis. C'est dans ce cadre que le projet BioContrôleTermite a été développé afin de trouver d'autres méthodes de lutte plus sélectives et écoresponsables. Il est également important que la lutte repose sur la mise en place d'une communication conséquente sur les bonnes pratiques au quotidien pour limiter les risques de propagation.

## DÉTECTER, CONTRÔLER, INFORMER

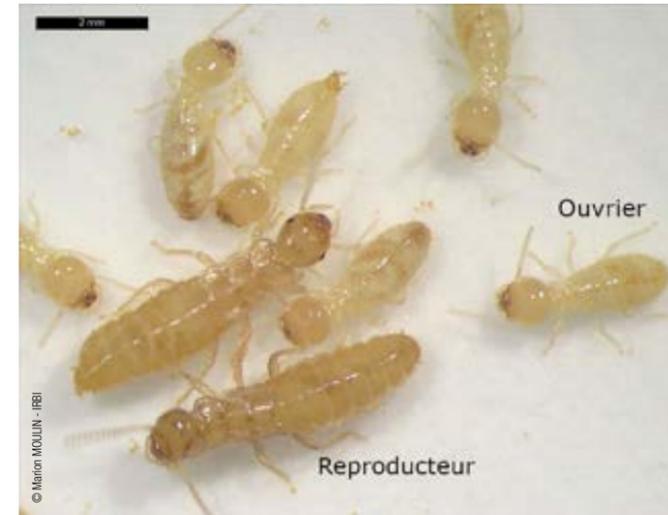
Financé par la région Centre-Val de Loire, le projet BioContrôleTermite, supervisé par l'Institut de Recherche sur la Biologie de l'Insecte (IRBI, UMR 7261 CNRS / Université de Tours), répond à cette demande en développant d'une part de nouveaux systèmes de détection et de lutte biologique écoresponsable et d'autre part, en les accompagnant d'une politique de communication la plus large possible.

Les termites souterrains retrouvés en région sont des espèces cryptiques lucifuges (elles fuient la lumière). Ils forment des colonies qui restent la plupart du temps inaperçues, sauf lorsque des individus construisent des cordons leur permettant d'exploiter d'autres sources

Représentation des différents modes de dispersion existants chez les termites souterrains.



Catégorisation du risque termite et propositions de solutions alternatives à l'élimination par brûlage ou aux traitements chimiques, pour les déchets végétaux et cellulosiques produits en zone infestée ou susceptible de l'être (liste non exhaustive). Tableau créé et proposé par l'IRBI et la FREDON Centre-Val de Loire.



Couples de reproducteurs brachypères en présence d'ouvriers *Reticulitermes flavipes*.

	Catégorie	Niveau de risque	Type de déchets	Délai d'intervention et recommandations	Proposition de traitement	
Déchet vert : résidu d'origine végétale issu des activités de jardinage et d'entretien des espaces verts	Catégorie 1	Pas de risque avéré	Tontes de pelouse	Moins de 8 jours entre taille et évacuation	Filière conventionnelle (compostage ou déchèterie)	
			Herbe fauchée	Veiller à l'absence de terre dans les déchets verts		
	Catégorie 2	Modéré	Broussailles	Moins de 8 jours entre taille et évacuation	Veiller à l'absence de terre dans les déchets verts	2 étapes : 1- Broyage fin (copeaux inférieur à 2cm³) 2- Traitement en filière conventionnelle
			Bois de tailles d'entretien d'arbres et arbustes (diamètre de branchage inférieur à 2cm)			
	Catégorie 3	Élevé	Déchets de catégorie 1 de plus de 8 jours	Pas de délai	Pas de délai	3 étapes : 1- Broyage fin (copeaux < 2cm³) 2- Traitement approuvé par la NIMP n°15 ou congélation à -20°C à cœur ** ou traitement par micro-ondes *** 3- traitement en filière conventionnelle
			Branchages de diamètre supérieur ou égal à 2 cm			
Troncs, souches et racines d'arbres et arbustes vivants ou morts						
Autres déchets cellulosiques : tous matériaux constitués partiellement ou totalement de bois (papiers, cartons...)	Catégorie 3	Élevé	Litière végétale (feuilles et terre) en cours de dégradation	Pas de délai	Pas de délai	3 étapes : 1- Broyage fin 2- Traitement approuvé par la NIMP n°15 ou congélation à -20°C à cœur ** ou traitement par micro-ondes *** 3- Traitement en filière conventionnelle
			Déchets de catégorie 2 de plus de 8 jours et déchets de catégorie 1 de plus d'un mois			
			Papiers et cartons			
			Cagettes			
			Bois de chauffage			
			Tout autre matériau cellulosique ayant été en contact ou enfoncé dans le sol (tuteur, piquet, poteau...)			
Planches de coffrage, palettes	Bois issu du bâti					
Huisserie et montant de porte et de fenêtre						
Mobilier						

Sous réserve de vérification de l'efficacité contre les termites des traitements approuvés par la norme NIMP n°15 - \* Temps de congélation en attente de validation par expérimentation - \*\* Méthode de traitement à valider par expérimentation

de nourriture ou pour étendre le nombre de sites de nidification. C'est souvent suite à la découverte de ces cordons que la lutte est mise en place, mais les dégâts occasionnés sont souvent déjà très étendus. BioContrôleTermite vise donc à développer une méthode de détection plus précoce, dès les premiers stades de développement d'une colonie.

Chez les termites, la communication entre les individus s'effectue principalement par l'émission de médiateurs chimiques (phéromones) soit volatiles soit de contact. Les phéromones de contact sont présentes à la surface des individus ou dans leurs sécrétions. Les phéromones volatiles sont des composés de petite taille perceptibles à une plus grande distance. Les reines, en émettant ces signaux, inhiberaient l'apparition de nouvelles reines tout en stimulant la différenciation de mâles en nouveaux rois (et inversement lorsque les signaux sont émis par un roi). L'identification de ces signaux et la compréhension de leurs modes d'action n'en sont qu'à leurs prémices mais elles offrent des perspectives plus que prometteuses. C'est pourquoi les chercheurs sont actuellement en train d'analyser les composés phéromonaux majoritaires avant de déterminer leurs actions sur le comportement et l'organisation sociale des termites. Ultérieurement, les composés intéressants feront l'objet d'une valorisation en effectuant des tests de sélectivité spécifique, d'efficacité en milieu naturel, suivis d'un travail d'adéquation aux réglementations législatives.

Enfin, le troisième axe vise à mettre en place des outils d'information afin de réguler les activités humaines permettant l'expansion des zones termitées. Pour cela, une meilleure diffusion des connaissances sur

la biologie des termites auprès du grand public, des professionnels et des collectivités locales, permettront d'éviter les situations à risques au quotidien. Dans cet objectif, une exposition est en cours d'élaboration et de nombreuses conférences sont actuellement données sur cette thématique. De plus, une formation vient d'être ouverte sur le plan national (CNRS formation Entreprise) pour répondre aux attentes des collectivités locales. C'est aussi dans ce but qu'un document de recommandation sur la gestion des déchets verts en zone infestée ou susceptible de l'être a été élaboré.

De par la cohérence et la complémentarité des trois axes du projet BioContrôleTermite (détection, biocontrôle et communication), l'IRBI espère pouvoir répondre aux différentes demandes et interrogations de l'ensemble des acteurs régionaux impliqués dans la problématique de la gestion du risque termite.

Christophe LUCAS < IRBI  
christophe.lucas@univ-tours.fr  
Fanny RUHLAND < IRBI  
fanny.ruhland@univ-tours.fr  
www.univ-tours.fr/irbi/

\* Le projet BioContrôleTermite, financé par la région, vise à répondre à ces interrogations.

# Le dioxyde de carbone " en vert et contre tous "

Incriminé comme l'un des contributeurs majeurs à l'effet de serre, le dioxyde de carbone présente pourtant des propriétés physico-chimiques qui en font un solvant vert en chimie.



Système d'extraction et d'analyse en ligne utilisant le dioxyde de carbone supercritique.

Le dioxyde de carbone est non toxique, aisément récupéré à l'état gazeux comme un sous-produit industriel et facile à recycler après usage. Il acquiert des propriétés de solvant à l'état supercritique, quand on le porte à une température de 31°C et une pression de 73 bar, qui sont des valeurs (énergétiquement) faciles à atteindre.

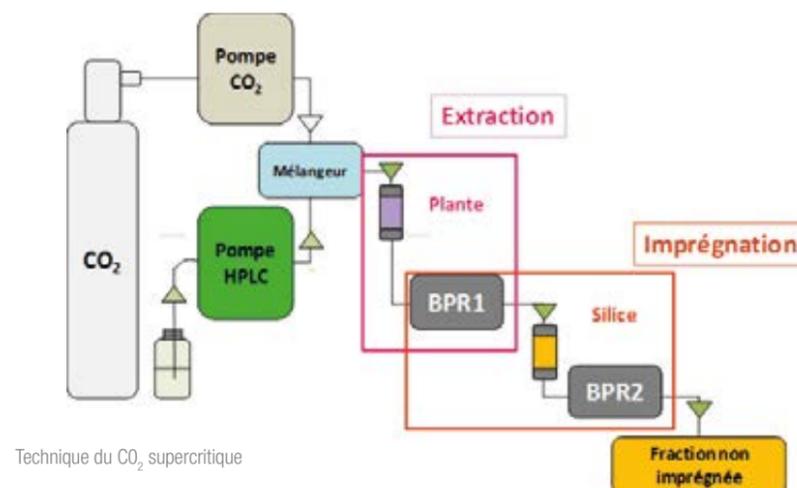
Fluide compressible, sa densité, et donc son pouvoir solvant, varie fortement suivant les conditions de pression et de température. De plus, il est miscible à de nombreux autres solvants comme l'éthanol, ce qui permet d'y solubiliser des composés de structure chimique très diverse. En chimie analytique, et notamment à l'ICOA<sup>1</sup>, il contribue à la mise en place de trois approches qui peuvent être complémentaires.

## SÉPARER ET PURIFIER DES COMPOSÉS

Tout d'abord, les fluides supercritiques sont largement utilisés en chromatographie (SFC). Lorsque l'on souhaite purifier des molécules actives (naturelles ou de synthèse) en quantité (plusieurs grammes), le faible coût du CO<sub>2</sub> rend cette utilisation encore plus attractive. Ainsi, cette approche est devenue incontournable pour la séparation de composés énantiomères, qui possèdent un carbone asymétrique. Certains énantiomères peuvent en effet avoir des activités biologiques très différentes (propriétés odorantes, thérapeutiques ou toxicité par exemple) et leur séparation nécessite alors la mise en œuvre de phases stationnaires énantiosélectives (chromatographie chirale). Les études de l'ICOA

comparent de nombreux systèmes énantiosélectifs différents, sur la base des interactions et de la forme des composés, pour mieux en comprendre les propriétés, et rendre leur choix plus aisé.

De même, pour des séparations de composés isomères du fait de la position d'un groupement chimique sur un squelette, comme par exemple les triglycérides des huiles végétales (lin, colza, noisette,



Technique du CO<sub>2</sub> supercritique



Le principe de silice imprégnée pour la composition de crèmes cosmétiques.

noix, ou de camelline) ou de composés photosensibles présents dans les huiles essentielles d'agrumes (furocoumarines), les séparations obtenues avec des fluides supercritiques sont très performantes et rapides.

"...les échantillons peuvent être directement analysés après une simple dilution."

Dans des cas de différences structurales plus classiques, par exemple entre un principe actif et ses impuretés de dégradation, qui en milieu pharmaceutique doivent être dosées pour des concentrations inférieures à 0,1% du produit principal, la chromatographie supercritique offre une solution rapide et efficace à la problématique posée.

L'utilisation de la SFC pour la déformulation de produits cosmétiques est également très probante. En effet, les lipides contenus dans les crèmes, qu'elles soient solaires, hydratantes ou anti-rides, imposent souvent une étape de préparation d'échantillon pour s'en débarrasser avant analyse des composés cibles. Grâce aux propriétés du CO<sub>2</sub>, les échantillons peuvent être directement analysés après une simple dilution.

## RÉCUPÉRER DES COMPOSÉS BIO-ACTIFS

Le dioxyde de carbone est aussi un atout dans l'extraction de métabolites secondaires de plantes. Ces molécules spécifiques, terpènes polyphénols, alcaloïdes, produites en réponse à une pression environnementale (stress hydrique, agression parasitaire), permettent à la plante de se défendre. A certaines doses, ces composés peuvent avoir des activités thérapeutiques chez l'homme, par exemple en inhibant des enzymes impliquées dans la prolifération cellulaire ou en favorisant la régulation hormonale du taux de sucre ou de lipides. Le CO<sub>2</sub> éventuellement mélangé avec de l'éthanol et/ou de l'eau, est percolé dans une cellule d'extraction contenant le végétal, souvent déshydraté. Après avoir solubilisé les composés sous pression, le CO<sub>2</sub> retourne à l'état gazeux et les composés bioactifs sont récupérés dans des fractions naturellement concentrées ce qui, sur un plan industriel, est favorable en termes économique et écologique. La grande variabilité des conditions d'extraction permet d'envisager des extractions sélectives en fonction des structures chimiques des composés, dans un procédé qui reste dynamique, donc modulable.

Actuellement, l'extraction au CO<sub>2</sub> supercritique est réalisée à l'ICOA afin de produire des extraits génériques (de composition la plus large possible) de plantes de la flore de la Région Centre-Val de Loire, afin de constituer une extractothèque qui pourra être mise à disposition des entreprises souhaitant évaluer les activités biologiques de ces extraits.

## IMPRÉGNER DES SUPPORTS SOLIDES

La SFC s'applique également à la fabrication de supports solides imprégnés entrant par exemple dans la composition de crèmes cosmétiques. En effet, après l'étape d'extraction de composés bioactifs réalisée dans une cellule d'extraction sous pression une autre cellule, dite d'imprégnation, contenant un solide poreux, comme de la silice, est installée en ligne. En modulant les conditions opératoires dans cette seconde cellule, par exemple en travaillant avec une pression plus faible (BPR2), les composés précédemment extraits imprégneront ce solide à cœur. L'ingrédient ainsi imprégné en ligne pourra ensuite être formulé dans une crème à usage topique de façon à laisser diffuser progressivement les composés piégés, qui induiront un effet durable en fonction de leurs propriétés chimiques.

L'ensemble de ces travaux a donné lieu à de nombreuses collaborations, avec des industriels comme Givaudan, Yves Rocher, Alban Muller, LVMH Recherche, parfois dans le cadre de projets financés par la Région Centre-Val de Loire, comme le projet Kloros avec Alban Muller sur la production d'extraits bioactifs incolores, ou en support de projets ARD 2020.

Les fluides supercritiques à base de dioxyde de carbone présentent donc de nombreux intérêts dans des domaines très variés (chimie, pharmaceutique, cosmétique). Ils couvrent des applications qui vont de l'échelle analytique à industrielle et ils permettent d'éviter la mise en œuvre de solvants plus coûteux et toxiques.

### LMBA : Laboratoire des Molécules Bio-Actives

Une étroite collaboration avec les Laboratoires Servier Recherche est également en place dans le cadre d'un laboratoire commun de recherche sur le campus de l'université d'Orléans, portant sur le profilage d'impuretés ou la détermination simultanée de la pureté chimique et énantiomérique de principes actifs par SFC.

Eric LESELLIER < ICOA  
eric.lesellier@univ-orleans.fr

Caroline WEST < ICOA  
caroline.west@univ-orleans.fr

Emilie DESTANDAU < ICOA  
emilie.destandau@univ-orleans.fr

www.icoa.fr

<sup>1</sup> ICOA : Institut de Chimie Organique et Analytique, UMR 7311, Université d'Orléans, rue de Chartres, BP 6759, 45067 Orléans Cedex 2. France

# Les polymères à empreinte moléculaire : le piège ultime

Qu'ont bien pu mettre au point les chimistes de l'ICOA pour retrouver les traces d'un comprimé d'aspirine dans une piscine olympique ou l'équivalent d'un dé à coudre glyphosate dans un étang ? Des outils d'analyse de plus en plus performants pour identifier et quantifier ces molécules émanant du laboratoire.

La majorité des molécules d'intérêt telles que les métabolites dans les fluides biologiques, les actifs dans les végétaux et les polluants dans l'environnement sont présentes à l'état de traces.

La démarche analytique débute en général par une étape de préparation d'échantillon. Elle consiste à concentrer les molécules d'intérêt ou analytes tout en éliminant la matrice potentiellement gênante, c'est-à-dire l'ensemble des constituants de l'échantillon autres que les analytes. L'extraction sur phase solide (Solid Phase Extraction, SPE) est la méthode de préparation d'échantillon la plus répandue. Cette technique a été optimisée avec les polymères à empreintes moléculaires (MIP) qui ont apporté à la SPE un caractère spécifique grâce à des cavités, aussi appelées empreintes, capables de retenir des molécules appartenant à une même famille chimique et de tailles équivalentes.

La phase MIP est ensuite conditionnée en cartouche SPE afin de réaliser un protocole d'extraction en 3 étapes : le dépôt de l'échantillon, les lavages pour éliminer la matrice puis l'élution des molécules ciblées.

"...un atout majeur  
qui est la faible consommation  
en échantillon..."

## UNE UTILISATION POUR DU CONTRÔLE ANTI-DOPAGE

Le tamoxifène est un médicament prescrit pour le traitement du cancer du sein. Toutefois, les contrôles anti-dopage ont révélé la présence de métabolites du tamoxifène dans des urines de sportifs de haut niveau. L'agence française de lutte contre le dopage (AFLD) a alors sollicité l'ICOA pour le développement d'un MIP capable de confirmer ou infirmer ces suspicions de dopage.

Dans un premier temps l'analyse par chromatographie en phase liquide (HPLC) d'un échantillon d'urine soumis à une SPE a échoué à répondre à cette question. Puis, dans un deuxième temps, l'analyse après SPE-MIP



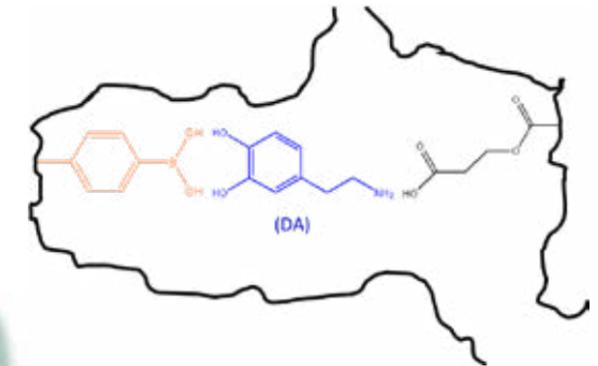
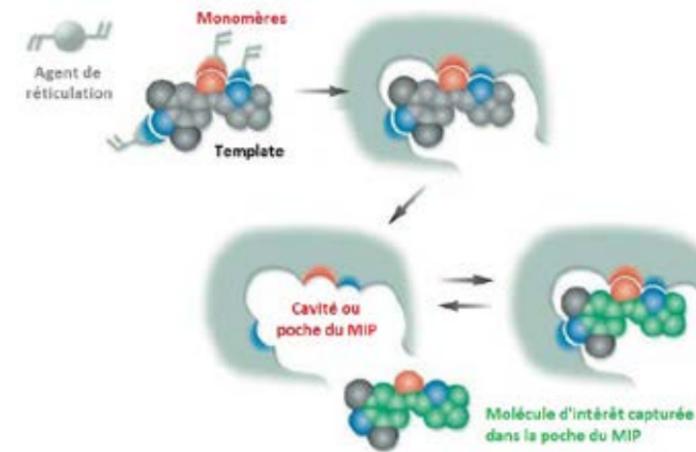
Préparation de l'échantillonneur passif

a permis d'éliminer efficacement la matrice et ainsi de restituer le tamoxifène sous la forme d'un pic résolu pour une quantification certaine.

## DES PERSPECTIVES DANS LE DIAGNOSTIC MÉDICAL

Le diagnostic de maladies neurologiques ou d'affections tumorales peut être dressé à partir de teneurs inhabituelles dans le sérum ou l'urine de neurotransmetteurs, molécules chimiques libérées par les neurones. Dans ce projet, la dopamine (DA), la sérotonine (5-HT) et la 3-méthoxytyramine (3-MT) sont analysées par électrophorèse capillaire (EC) en un temps court de 8 minutes. Cette technique séparative présente un atout majeur qui est la faible consommation en échantillon (nanolitres). La séparation des composés a lieu dans un capillaire de silice sous l'influence d'un champ électrique. D'une manière générale,

Formation des cavités d'un MIP permettant la capture spécifique des analytes.



Empreinte du MIP AFFINIMIP® SPE Catécholamines.

l'analyte est d'autant plus mobile que sa charge est élevée et que sa taille est faible. La sensibilité en EC-UV est souvent insuffisante.

Dans le cas des neurotransmetteurs se trouvant dans l'urine à une centaine de µg/L, un procédé spécifique de concentration au sein du capillaire, nommé 'Field Amplified Sample Injection' (FASI), a été développé. Il soumet les analytes à un champ électrique fort dans le créneau d'injection, les dirigeant à une vitesse élevée vers la cathode. Freinés par le tampon remplissant le capillaire où existe un champ électrique bien plus faible, les analytes se concentrent dans un créneau très étroit. Le FASI s'est avéré très efficace à condition d'éliminer les sels de l'urine. C'est à ce stade qu'un protocole SPE a été développé à partir d'un MIP particulièrement rétif vis-à-vis des neurotransmetteurs. Une élimination drastique des sels de l'urine a pu être réalisée et des teneurs aussi faibles que 10 µg/L en DA, 3-MT et 5-HT ont été détectées dans les urines, remplissant ainsi les objectifs fixés pour le projet.

## LE CHALLENGE ENVIRONNEMENTAL

Les pesticides organiques ont été massivement utilisés au cours des dernières décennies laissant des traces dans l'environnement. Un exemple bien connu est celui du glyphosate, principe actif de l'herbicide très connu. Le glyphosate et son principal produit de dégradation, l'AMPA, ont à ce jour imprégné non seulement les eaux douces mais aussi les estuaires tels que celui de la Seine.

Le principal challenge du contrôle du glyphosate et de l'AMPA dans les eaux se situe à l'étape d'échantillonnage, en amont de l'analyse. Le prélèvement d'échantillons d'eau n'est pas si aisé, notamment pour avoir une bonne représentation de l'état de pollution d'un secteur. L'utilisation d'échantillonneurs passifs s'est ainsi développée puisque ces derniers reposent sur l'accumulation des polluants sur une phase immergée dans l'eau, l'extraction et l'analyse des supports étant par la suite réalisées en laboratoire.

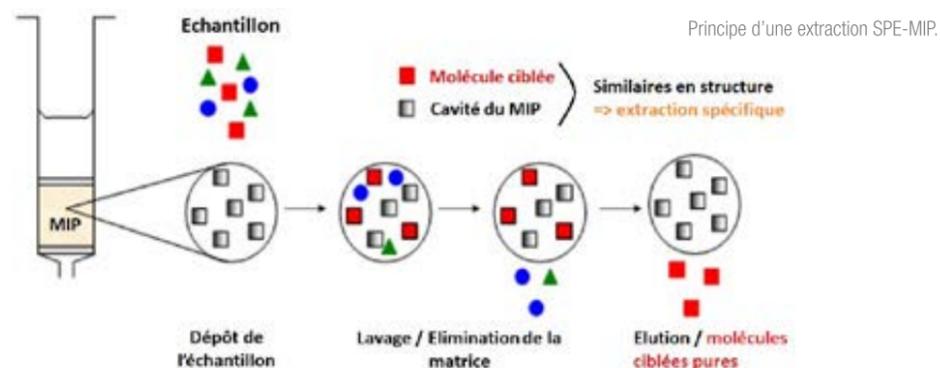
Certains pesticides ayant une forte affinité pour l'eau, comme le glyphosate, ne peuvent pas être échantillonnés par les dispositifs commerciaux. Pour cette raison, un MIP a été développé en collaboration avec le BRGM. Six échantillonneurs passifs à base de MIP ont été immergés dans l'eau du Dhuy (Orléans - La Source) sur une durée de 15 jours. Les résultats sont cohérents avec ceux obtenus à partir de prélèvements conventionnels avec des teneurs de 30 et 300 ng/L pour le glyphosate et l'AMPA, respectivement alors que les valeurs seuils autorisées sont de 10 ng/L.

Ces travaux précurseurs ont mis en évidence la capacité du MIP à retenir le glyphosate et son métabolite dans un milieu réel alors qu'aucune autre phase n'était capable de le faire. Les résultats obtenus et la vigilance accrue des autorités vis-à-vis du glyphosate laissent entrevoir des applications en nombre croissant par les organismes chargés d'assurer la surveillance des eaux environnementales.

Béregère CLAUDE < ICOA  
berengere.claude@univ-orleans.fr

Reine NEHME < ICOA  
reine.nehme@univ-orleans.fr

www.icoa.fr



## Des superacides pour des super sucres !

Les chercheurs de l'IC2MP ont récemment éclairci l'un des mystères de la glycosylation en observant pour la première fois expérimentalement des sucres furtifs considérés jusqu'à présent comme uniquement théoriques.

Les glycosciences, les sciences traitant des sucres, connaissent un essor important aussi bien en recherche fondamentale qu'en termes d'applications. Ces progrès sont intimement liés à une réaction dite de glycosylation. Bien qu'étudiée et exploitée depuis plus d'un siècle, cette réaction a gardé jusqu'ici une part d'ombre quant aux détails de son mécanisme.

Les sucres constituent les molécules naturelles les plus abondantes sur Terre. Ils sont produits par la réaction de photosynthèse qui combine énergie solaire, dioxyde de carbone et eau chez les plantes. L'implication de ces molécules dans ces procédés naturels fait des sucres un élément clé de la vie sur Terre. Chez l'homme, ils interviennent dans la plupart des processus biologiques (réponse immunitaire, inflammation, groupes sanguins, etc.) et constituent une source inépuisable d'innovation thérapeutique.

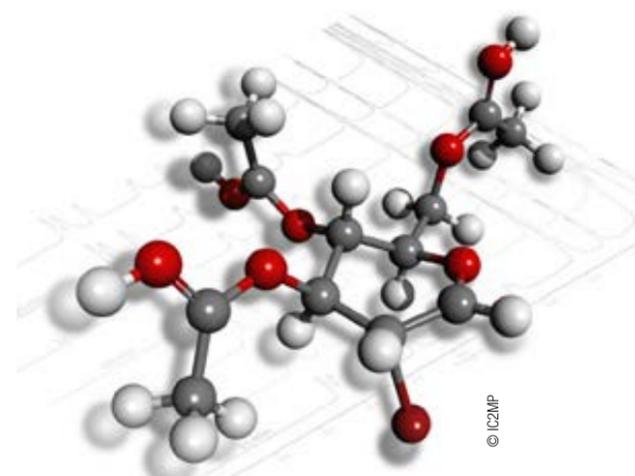
Sur le plan technologique, ils présentent également un fort potentiel en termes d'applications pour résoudre les besoins actuels de la médecine, des matériaux, mais aussi de l'énergie. En particulier, sur le plan de la santé, les sucres sont impliqués dans de nombreuses maladies et sont devenus des cibles importantes pour le développement de nouveaux composés bioactifs. Ces progrès dépendent alors de l'accessibilité à des sucres, naturels et synthétiques, à haute valeur ajoutée et aux structures de plus en plus élaborées. Ces molécules à la complexité croissante sont obtenues par la réaction dite de glycosylation qui permet de lier de façon covalente un sucre à une autre entité moléculaire (protéine, lipide, autre sucre, ...) et qui est de ce fait la réaction centrale en glycochimie.

### PERCER LE MYSTÈRE D'UNE RÉACTION CHIMIQUE

Les premières réactions de glycosylation ont été découvertes par A. Michael et E. Fischer à la fin du XIX<sup>ème</sup> siècle. Dès lors, cette réaction chimique a beaucoup été étudiée afin d'améliorer son potentiel et son efficacité pour des applications multiples. Pourtant, de façon surprenante, les détails à l'échelle moléculaire du mécanisme de la réaction, plus que centenaire, ne sont pas parfaitement connus à ce jour.

" Prouver l'existence de ces cations glycosyles et comprendre leur implication ... mobilise de nombreux groupes de recherche à travers le monde."

Plusieurs hypothèses ont été avancées, notamment l'implication d'intermédiaires réactionnels chargés, appelés cations glycosyles. L'existence de ces ions est soupçonnée depuis longtemps, mais leur durée de vie extrêmement courte (estimée à quelques picosecondes soit un laps de temps un milliard de fois plus court que le flash d'un appareil photo) n'a pas permis de les observer jusqu'à présent dans des conditions classiques. Leur caractère superélectrophile, c'est-à-dire leur très forte avidité pour les nucléophiles, des molécules riches en électrons, en est la raison. Ainsi, en milieu organique classique où les nucléophiles sont nombreux, ces ions sont immédiatement piégés et transformés. Prouver l'existence de ces cations glycosyles et comprendre leur implication dans les réactions de glycosylation est un challenge qui mobilise de nombreux groupes de recherche à travers le monde.



Modélisation de la structure tridimensionnelle d'un cation glycosyle suite à son observation

En effet, au-delà de l'aspect purement fondamental, la connaissance de ces cations glycosyles devrait conduire à une meilleure compréhension et donc à une meilleure maîtrise de la réaction de glycosylation dont le potentiel applicatif est énorme.

C'est dans ce contexte qu'un projet\* réunissant des chercheurs français de l'IC2MP (Institut de Chimie des Milieux et Matériaux de Poitiers, UMR7285-CNRS/Université de Poitiers) et espagnols du Center for Cooperative Research in Biosciences (Bilbao - Espagne) a débuté dans le but de « chasser » cet ion jamais observé.

### UNE PREMIÈRE MONDIALE

Les superacides, qui sont des acides beaucoup plus forts que l'acide sulfurique pur, ont permis de réaliser des transformations chimiques sans équivalent en chimie organique classique. C'est au professeur G. A. Olah, prix Nobel de chimie en 1994, que l'on doit le développement de cette chimie particulière. Il a notamment utilisé ces superacides pour générer, stabiliser et étudier les carbocations, des espèces chimiques clés considérées auparavant comme instables et très réactives.

L'étude et l'utilisation de ces superacides, en particulier les superacides les plus forts constitués d'acide fluorhydrique HF et de pentafluorure d'antimoine SbF<sub>5</sub> (ce mélange est plus d'un milliard de fois plus acide

que l'acide sulfurique pur), sont une spécificité de l'IC2MP et un savoir-faire unique en Europe. Appliqués aux sucres, ces superacides qui sont dépourvus de nucléophiles, pourraient alors générer, stabiliser et faciliter l'étude de ces cations glycosyles furtifs.

Cette stratégie s'est avérée effectivement payante et a permis, pour la toute première fois, la mise en évidence, l'observation et la caractérisation de ces ions. En effet, dans ce milieu superacide, la durée de vie de ces ions s'est montrée bien supérieure, ces ions restant stables plusieurs heures à -40°C, ce qui a permis de les analyser par résonance magnétique nucléaire (RMN) à basse température. Couplé à des calculs de chimie théorique, réalisés par une équipe du Center for Cooperative Research in Biosciences en Espagne, l'ensemble des données récoltées a abouti à la détermination de la structure tridimensionnelle de ces espèces chimiques, une première mondiale, mais aussi de commencer à comprendre le rôle de ces ions dans la réaction de glycosylation. Ces travaux ont fait l'objet d'une publication dans la revue Nature Chemistry, un journal de tout premier ordre dans le domaine des sciences chimiques.

### UN PROJET TOUJOURS EN COURS

Si certains intermédiaires ioniques impliqués dans la réaction de glycosylation ont pu être enfin observés, un grand nombre d'espèces chimiques sucrées transitoires inconnues restent à mettre en évidence. C'est l'objectif actuel de cette collaboration franco-espagnole fructueuse et pérenne. La capacité des chimistes de l'IC2MP à identifier et comprendre la réactivité de ces ions\* devrait permettre de mieux maîtriser la réaction de glycosylation mais aussi de développer de nouvelles réactions inédites dans le domaine des glycosciences.

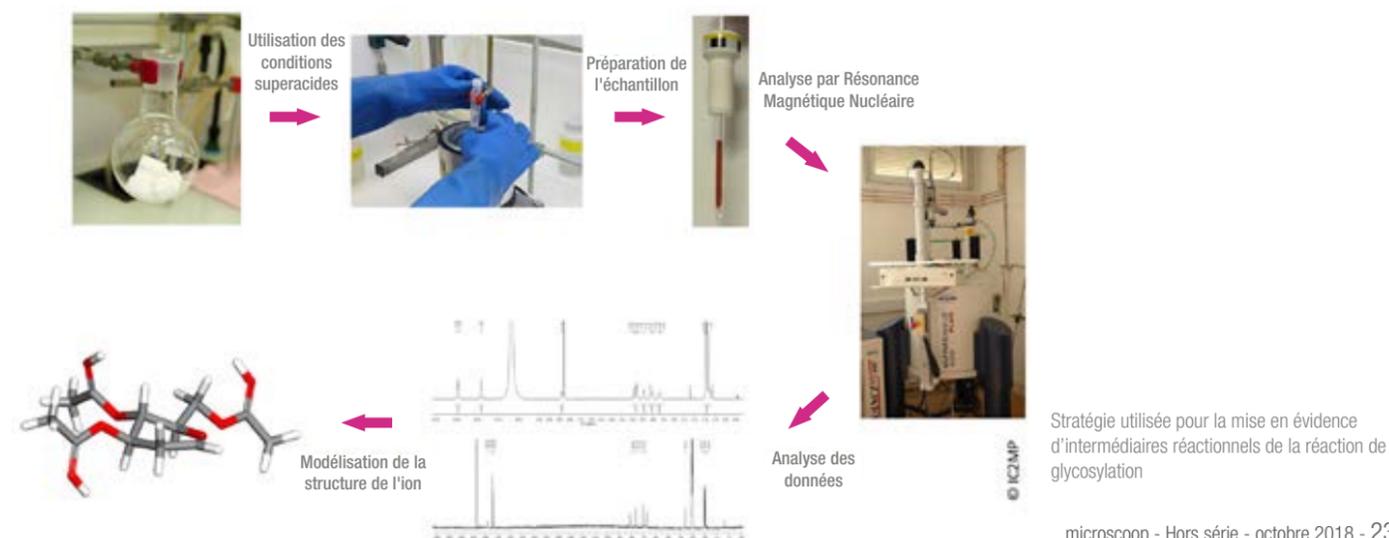
Ludivine LEBEDEL < IC2MP  
ludivine.lebedel@univ-poitiers.fr

Yves BLERIOT < IC2MP  
yves.bleriot@univ-poitiers.fr

Sébastien THIBAudeau < IC2MP  
sebastien.thibaudeau@univ-poitiers.fr

<http://ic2mp.labo.univ-poitiers.fr/>

\* Ce projet est soutenu par l'Agence Nationale de Recherche (ANR SweetCat 2017-2020) et par le CNRS (PICS-INC /PRC-JSPS).



## De l'importance des trous dans les roches

Tout le monde sait qu'une roche est constituée d'un assemblage de grains minéraux. Mais ce n'est pas tout, il y a aussi la porosité, c'est-à-dire les trous ! Les grains constituant les roches sont généralement observables à l'œil nu, ou au microscope. La porosité, quant à elle, est plus difficilement observable dans sa globalité.

Différentes techniques de microscopie utilisées couramment pour observer les minéraux aident aussi à observer la porosité d'une roche : la microscopie optique (résolution de  $\sim 10 \mu\text{m}$ ) ou la microscopie électronique à balayage et la micro-tomographie (résolution  $> \sim 0.1 \mu\text{m}$ ). Cependant, ces techniques ont des limites et ne permettent qu'une observation partielle. En effet, plus les techniques sont précises, plus la taille de l'échantillon analysable est faible. Or les pores d'une roche présentent des tailles très variables allant de l'échelle centimétrique à l'échelle nanométrique qui oblige à utiliser d'autres moyens d'observation.

### POURQUOI S'INTÉRESSER À LA POROSITÉ ?

Les fissures et pores constituent la voie de transport de l'eau au sein de la roche. Au cours du temps, l'eau s'infiltré via les pores. Elle entre en contact avec les minéraux de la roche provoquant la dissolution et/ou la précipitation de minéraux. Un élargissement ou un colmatage des pores présents dans la roche peut se produire. Par exemple, une étude récente a montré qu'au cours de l'altération d'un granite, les fissures s'élargissent, mais leur nombre n'augmente pas significativement.

La porosité a aussi des conséquences sur la perméabilité de la roche, et également sur sa résistance mécanique, entre autres. Si l'on veut comprendre pourquoi une roche est fragile ou comment elle s'altère au cours du temps, il est essentiel de voir et de quantifier les vides, c'est-à-dire de réussir à obtenir une image globale de la porosité de la roche étudiée.

### UN PROCÉDÉ PHOTOGRAPHIQUE

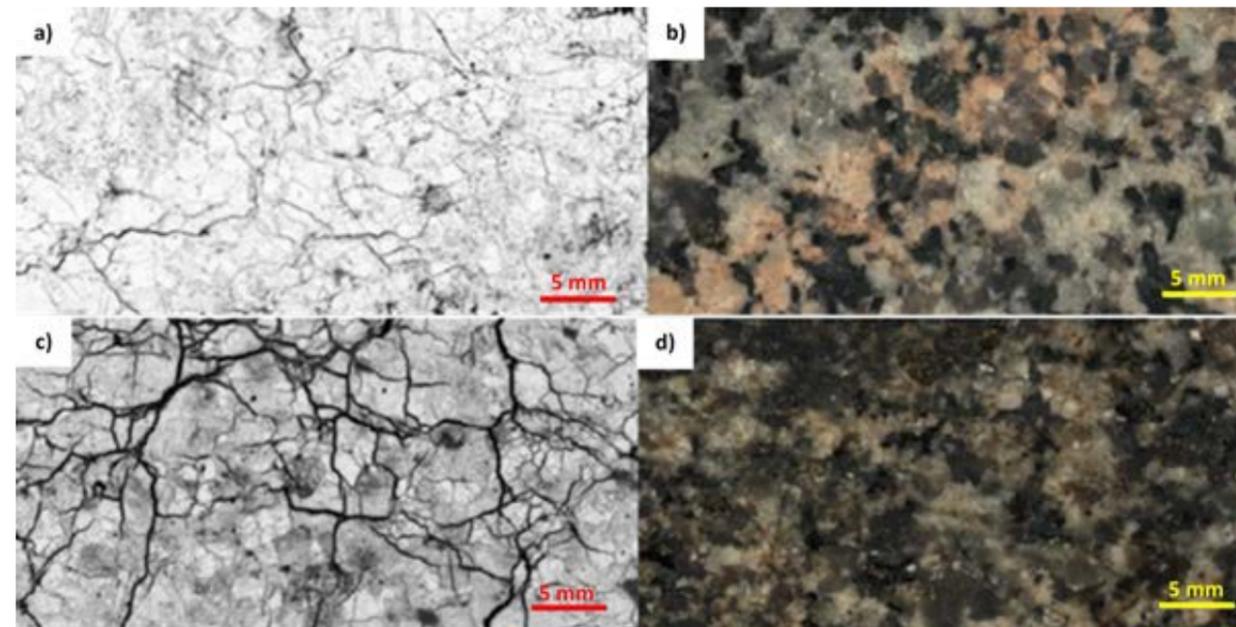
Une méthode, appelée  $^{14}\text{C}$ -PMMA (PolyMethylMethAcrylate, plus communément connue sous le nom de Plexiglas®), a été développée dans les années 90 afin de répondre à ce besoin. Elle consiste

en premier lieu en l'imprégnation de la porosité de la roche par une résine composée de méthylméthacrylate (MMA :  $\text{C}_5\text{H}_8\text{O}_2$ ) contenant un marqueur radioactif, le Carbone 14 ( $^{14}\text{C}$ ). Le MMA a l'avantage de présenter des caractéristiques similaires à celles de l'eau, imitant ainsi très bien son comportement lors de son infiltration au sein de tous les vides de la roche, grands comme petits. Le  $^{14}\text{C}$  a été choisi car le carbone est un des constituants du MMA, son énergie d'émission est assez forte pour être détectée, tout en restant modérée donc peu dangereuse pour l'utilisateur. En outre, le  $^{14}\text{C}$  se dégrade lentement au cours du temps (période 5600 ans) : l'étude de l'échantillon imprégné se fait sans contrainte de temps. En second lieu, une fois l'échantillon imprégné par la résine polymérisée, il est scié et poli. Une autoradiographie est réalisée sur la surface polie. Le principe d'autoradiographie est très simple : la roche imprégnée (surface polie) est mise en contact avec un film photographique. Les particules  $\beta$  émises par la désintégration du  $^{14}\text{C}$  (des électrons) de la résine présente dans la porosité réagissent avec le film, et les pores apparaissent en noir sur le film. Cette méthode permet d'observer de manière qualitative et quantitative l'ensemble des fissures et pores (petits et gros) de la roche sans contraintes de taille d'échantillon.

" Obtenir des images de porosité...  
de manière qualitative  
et quantitative..."

### DE MULTIPLES APPLICATIONS

Ce procédé a été mis au point dans les années 90 par une équipe finlandaise (le Laboratoire de Radiochimie d'Helsinki, HYRL) dans le



Exemple d'autoradiographies d'une roche a) non altérée et c) altérée ainsi que la photographie de la surface de la roche associée en b) et d) respectivement. Les fissures et pores de la roche apparaissent en noir (a et c).

but de mieux identifier la nature de la porosité de la roche alors sujet potentiel pour encapsuler des déchets nucléaires. Dans ce contexte, il est primordial de connaître les chemins que peuvent emprunter tous fluides à travers le matériel encaissant, mais aussi d'être capable d'en comprendre le comportement à long terme. Obtenir des images de porosité cartographiant les fissures et pores de manière qualitative et quantitative aide à comprendre ce comportement.

De nombreuses recherches ont émergé suite à la mise en place de cette méthode, notamment le projet européen POSINAM dont l'objectif a été de modéliser la porosité 2D et 3D de matériaux naturels et artificiels. Tous types de roches ont été étudiés afin de mieux comprendre la relation entre la minéralogie et la porosité, et les différentes propriétés de la roche qui en découlent. Ces propriétés sont principalement la perméabilité de la roche, le transport d'eau et de substances dissoutes, la diffusion de solutés, les réactions de dissolution/précipitation, la résistance mécanique de la roche, ainsi que la vitesse d'altération des minéraux constituant la roche. De ces propriétés dépendent par exemples la capacité qu'a une roche à contenir des déchets, mais aussi à agir comme réservoir d'eau ou de pétrole, ou bien encore comme source de nutriments pour les plantes.

Des prolongements de cette méthode sont également en cours. L'un d'eux a pour but de calculer l'ouverture des fissures des roches. Pour ce faire, des échantillons artificiels possédant chacun une ouverture de fissure imposée ont été imprégnés au  $^{14}\text{C}$ -PMMA et leur autoradiographie réalisée. Il est possible de déduire l'ouverture de la fissure en fonction du noircissement du film. En se basant sur les résultats expérimentaux, des simulations du contact fissure imprégnée/film photographique ont aussi été réalisées. La simulation a l'avantage de fournir une plus large gamme d'ouverture de fissure. Cette relation expérimentale complétée par les simulations est ensuite appliquée aux roches.

L'étude et la caractérisation de la porosité d'une roche est essentielle pour comprendre les procédés qui ont mené à sa fragilisation ainsi qu'à son altération. Si l'observation des minéraux se fait par les techniques classiques de microscopie, celle des vides a longtemps été contrainte par les limites d'observation de ces techniques. La méthode  $^{14}\text{C}$ -PMMA permet aujourd'hui d'obtenir une image de ces vides et d'étudier de manière qualitative et quantitative leur évolution au cours du temps.

**POSINAM** (POre Space Investigation in Natural and Artificial Materials) est un projet européen débuté en 2009 et achevé en 2013. Il est le fruit d'une collaboration entre l'Institut de Chimie des Milieux et des Matériaux de Poitiers (UMR 7285 CNRS / Université de Poitiers), la société privée ERM (Poitiers) et le laboratoire HYRL (Université d'Helsinki).

Marine BONNET < IC2MP  
marine.bonnet@univ-poitiers.fr

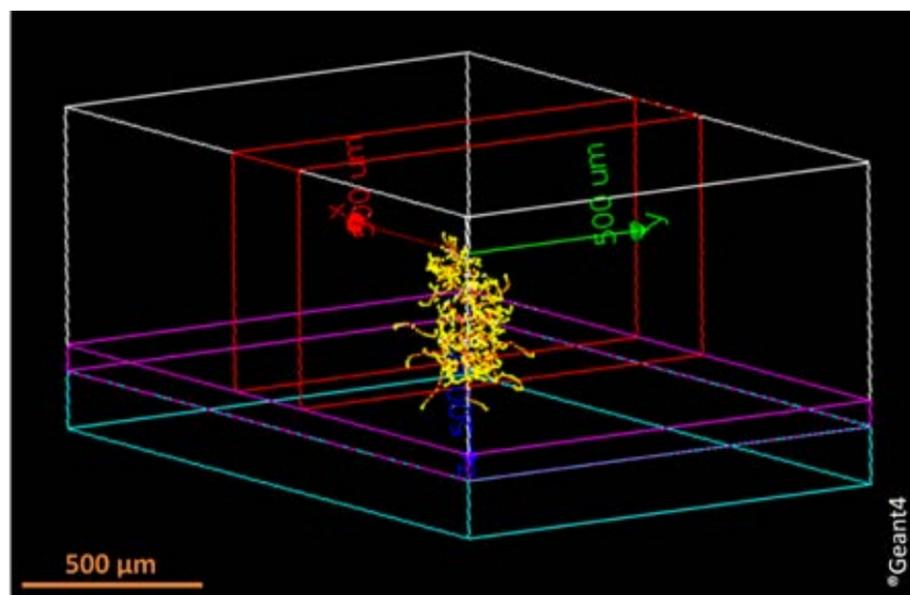
Paul SARDINI < IC2MP  
paul.sardini@univ-poitiers.fr

Jean-Claude PARNEIX < ERM  
jean-claude.parneix@erm-poitiers.fr

<http://ic2mp.labo.univ-poitiers.fr/>

[www.erm-poitiers.fr/](http://www.erm-poitiers.fr/)

Visualisation de la simulation d'un échantillon artificiel (en blanc) en contact avec un film photographique (en magenta et cyan). La fissure apparaît en rouge et a une ouverture de  $270 \mu\text{m}$  ; les particules du  $^{14}\text{C}$  apparaissent en jaune.



## Les réseaux, déjà un enjeu au Moyen Âge

Loin d'être totalement hors du monde et du temps, les abbayes médiévales développent de véritables réseaux spirituels, économiques et politiques. Leur étude met en évidence l'évolution des communautés religieuses.

Moulins, forêts, salines, vignes et autres terres agricoles parfois lointaines assurent leur approvisionnement. À ces possessions s'ajoutent églises et prieurés dont le nombre et la répartition répondent soit à des stratégies développées par les moines, soit à des donations pieuses de l'aristocratie laïque ou d'évêques.

Un retour aux sources textuelles est nécessaire pour renouveler l'historiographie, souvent ancienne, consacrée aux communautés religieuses. Pour les historiens, toute la difficulté de cette analyse réside dans le caractère partiel et hétérogène de la documentation. L'exemple de l'abbaye de Baignes et de celle de Charroux en témoigne : on conserve principalement pour la première un recueil original de chartes – un cartulaire – daté du XI<sup>e</sup> au XIII<sup>e</sup> siècle, tandis que l'on connaît essentiellement la seconde par la copie de documents administratifs du IX<sup>e</sup> au XVIII<sup>e</sup> siècle. La mise en regard de ces deux réseaux monastiques éclaire la diversité de leurs évolutions institutionnelles.

### DEUX ABBAYES, DEUX HISTOIRES

Saint-Sauveur de Charroux est fondée à la fin du VIII<sup>e</sup> siècle par Roger, comte de Limoges, et son épouse Euphrasie. Le lieu est habilement choisi dans l'actuel sud de la Vienne : il est près d'un fleuve (la Charente) et surtout situé dans un territoire stratégique sur le plan politique. La petite communauté de 20 moines devient rapidement l'une des plus puissantes d'Aquitaine grâce aux privilèges que lui accordent les rois et les papes.



Abbaye Saint-Étienne de Baignes (16) - Région Nouvelle-Aquitaine, inventaire du patrimoine culturel

© P. MOISDON

Installée à une centaine de kilomètres plus au sud, dans une zone boisée et vallonnée de la Charente, Saint-Étienne de Baignes a des origines historiques moins assurées. Les textes attestent cependant une fondation autour de l'an mil, ce qui en fait l'une des plus anciennes abbayes de la Saintonge. Avec une église reconstruite et consacrée le 15 mai 1063 ou 1064, elle est ensuite à plusieurs reprises l'objet de convoitises de la part de l'abbaye de Cluny en Bourgogne.

### DES MONUMENTS D'AMPLEUR

Comme beaucoup de cathédrales ou d'autres monastères, Baignes est dédié à saint Étienne. De l'abbaye, il ne reste aujourd'hui plus qu'une partie de l'église avec son clocher mais la nef devait à l'origine être au moins deux fois plus longue et mesurer une soixantaine de mètres. Ces vestiges visibles témoignent de l'ampleur du site. Les récentes prospections géophysiques indiquent la présence au sud de plusieurs bâtiments de vie que les textes identifient par ailleurs tels que le cloître, la salle capitulaire, le cellier, ou encore l'aumônerie. Ajoutons la mention rare d'un *scriptorium* invitant à imaginer un des religieux y rédigeant le cartulaire.

Magnifique exemple d'art roman, l'abbatiale de Charroux est pleinement vouée au Saint-Sauveur. Son architecture en référence au Saint-Sépulcre de Jérusalem offre en effet un écrin grandiose aux prestigieuses reliques de la Sainte-Croix et celle de la Sainte-Vertu détenues par les moines.

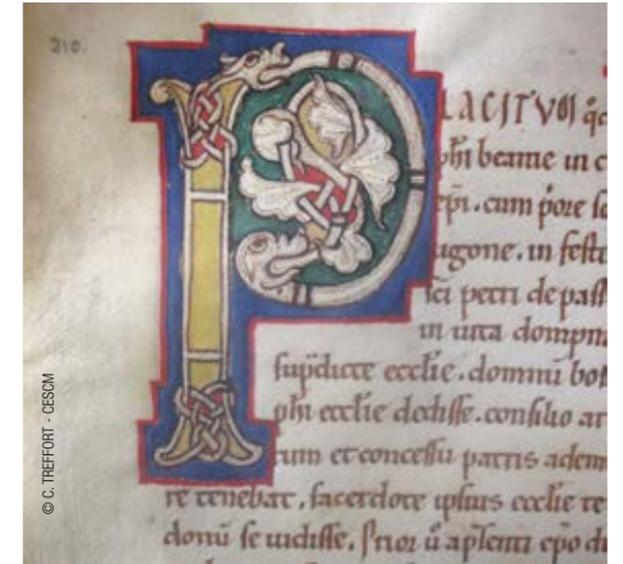
### DES STRATÉGIES DE RAYONNEMENT

Charroux a été généreusement dotée dès l'époque carolingienne de domaines agricoles ou fortifiés et surtout d'établissements religieux. À partir du XI<sup>e</sup> siècle, comme beaucoup d'autres abbayes, elle déploie son réseau qui compte à la fin du Moyen Âge quelques 220 églises, prieurés et monastères ! Si ces dépendances sont principalement situées dans la moitié nord de l'Aquitaine médiévale, d'autres sont disséminées dans le bassin parisien ainsi qu'en Flandre et jusqu'outre-Manche. Leur localisation témoigne parfois du rôle politique de l'abbaye. C'est le cas en Angleterre, où ses nouvelles communautés consolident les récentes victoires militaires de Guillaume le Conquérant par une implantation religieuse pérenne. Si le réseau de possessions de l'abbaye de Charroux est particulièrement étendu, celui d'autres monastères est plus resserré.

" Un retour aux sources textuelles est nécessaire pour renouveler l'historiographie, souvent ancienne... "

La communauté de Baignes rayonne elle aussi grâce à tout un réseau de relations et d'interdépendances dont témoignent les sources textuelles au cours des XI<sup>e</sup>-XIII<sup>e</sup> siècles. Au total, au moins 70 sites en dépendent. Ils sont majoritairement concentrés dans l'ancien diocèse de Saintes et distants d'au maximum une journée de marche de l'abbaye-mère, ce qui facilite leur gestion. Les moines n'hésitent également pas à s'implanter plus loin, à une soixantaine de kilomètres au sud et à l'est. Leur réseau social et monastique occupe ainsi un emplacement stratégique entre Poitou et Angoumois d'une part et Périgord et Bordelais d'autre part, structurant le paysage actuel de notre territoire.

L'étude des monastères s'enracine dans un travail de précision pour analyser tous les indices de l'histoire locale. Il s'agit aussi de comprendre leurs interactions avec les autres réseaux de pouvoirs, qu'ils soient religieux ou laïcs, et ainsi de révéler la société médiévale.



Lettre du cartulaire de l'abbaye de Baignes (16), Archives diocésaines d'Angoulême, fol. 49v

C'est pour cette raison qu'un programme de recherche *Aquitania Monastica* est spécialement consacré à l'histoire monastique de l'Aquitaine du Nord au Moyen Âge. Financé par la Région Nouvelle-Aquitaine (2016-2019), il est développé au Centre d'études supérieures de civilisation médiévale de Poitiers (CESCM - UMR 7302, université de Poitiers/CNRS).

Les résultats sur les réseaux monastiques de la région sont intégrés dans la base de données nationale *Monastères*, elle-même étroitement liée au programme ANR Col&Mon. Le projet *Aquitania Monastica* est également associé au programme régional de recherche *Monasticon Aquitaniae* sur le paysage monastique de l'Aquitaine médiévale.

Pascale BRUDY < CESCM  
pascale.brudy@univ-poitiers.fr

Manon DURIER < CESCM  
manon.durier@univ-poitiers.fr

<http://cescm.labo.univ-poitiers.fr/>



© Charpentier 1961 - Photothèque CESCM

Décor de l'abbatiale de Charroux (86).

# La haine des femmes, retour sur 60 ans d'histoire

Les femmes sont l'objet depuis l'Antiquité de pratiques et de discours de haine. Mais c'est toutefois à l'époque contemporaine que des textes et des gestes haineux ont pris une nouvelle forme lorsque les femmes ont revendiqué leurs droits.

Au XIX<sup>e</sup> siècle, venant d'horizons différents, des penseurs entendent prouver scientifiquement l'infériorité des femmes. Proudhon, auteur prolifique, un des pères de l'anarchisme, considère que les femmes sont « moindres » par rapport aux hommes. Qu'elles ne peuvent avoir de l'imagination car, écrit-il, elles ne produisent pas de « germes » qui donnent la véritable intelligence et l'inventivité.

C'était sans compter sur Léodile Béra, originaire de Lusignan près de Poitiers, romancière, essayiste, féministe et communarde, candidate aux élections législatives en 1849 sous le pseudonyme masculin d'André Léo, qui lui tint tête. En 1875, dans son livre posthume *La pornocratie* ou *Les femmes dans les temps modernes*, Proudhon affirme une fois de plus que les femmes ne peuvent être que « courtisanes ou ménagères ».

Plus tard, dans un autre registre, la société s'intéresse à la taille et au poids des cerveaux. Ceux des femmes, déclare Paul Broca, médecin, anatomiste et anthropologue, pèsent moins lourd que ceux des hommes. Cette preuve de l'« infériorité intellectuelle » des femmes, donne ainsi

une assise aux préjugés sur les différences biologiques conçues en termes de hiérarchie : le masculin étant supérieur au féminin. Cette thèse sera tournée en ridicule lorsque l'on s'apercevra que le cerveau de génies ou de personnalités exceptionnelles, comme Gambetta à sa mort en 1882, ne pèsent pas bien lourd.

Sur le plan politique, comme sur celui de la science, les travaux de Proudhon comme ceux de Broca ont permis à des discours mysogines et haineux de se développer.

## LE MIROIR DES HAINES

Les archives judiciaires et les procès sont elles aussi des fenêtres ouvertes sur la société. Le mépris et la haine des femmes sont parfois confondus et s'expriment pendant les audiences. Un magistrat s'exclame à propos d'une affaire jugée par la cour d'assises de la Seine : « *Nous sommes en présence d'un crime qui sent bien la femme !* ». Le dénigrement puis l'hostilité radicale envers les femmes sont parfois présentés comme des évidences ne souffrant pas la discussion. La haine est alors un singulier ferment. Elle soude des communautés masculines arc-boutées sur des privilèges et des représentations des rôles sexuels.

« ... dans l'arène publique  
les femmes ne sont pas  
des citoyennes. »

Rarement les femmes auront suscité autant de flèches vipérines que les avocates. Le 1<sup>er</sup> décembre 1900 fut promulguée la loi qui autorisa les femmes licenciées en droit à prêter serment. Dès le lendemain, Olga Balchowski-Petit devint la première avocate inscrite au barreau. Jeanne Chauvin fit de même quelques jours après. Mais ce n'est toutefois qu'en 1912 que Maria Vérone, fondatrice de l'Union des avocates de France, devint la première femme à plaider en cour d'assises. Le thème de l'invasion, de la horde prête à s'abattre ou du flot tumultueux, de la frivolité consubstantielle de celles que les avocats ne peuvent appeler consœurs sont révélateurs d'une atmosphère et de sentiments partagés par les ténors du barreau. Le bâtonnier de l'Ordre des Avocats de Paris, Émile de Saint-Auban avait exprimé, de manière ouverte, toute la haine que « *l'avocate, cet hermaphrodite, intellectuel et plastique, du progrès social...* » lui inspirait.

D'autres femmes, dans des professions en plein essor - médecine, professorat, métiers d'ingénieur - ont été marquées, avant comme après la Première Guerre mondiale, par une « adversité terrible ». Toutes sortes de coups leur ont été portés et même les plus aguerries n'étaient pas à l'abri de critiques malveillantes et de rancœurs générales se transformant en hostilité haineuse. Mais un domaine est encore plus préservé dans lequel le ressentiment agressif se combine avec les préjugés solidement enracinés : dans l'arène publique les femmes ne sont pas des citoyennes.



La femme homicide (© L'Assiette au Beurre, 6 juin 1908, dessin de Granjouan),



La femme électricienne suscite l'inquiétude et le rejet (© L'Assiette au Beurre, 6 juin 1908, dessin de Granjouan),

## MISOGYNIE ET DOMINATION

En 1881, la République semble désormais solidement installée. Les temps paraissent favorables pour prendre en compte plus largement la parole des femmes. Le suffrage universel masculin s'est imposé et la démocratie électorale ne saurait faire marche arrière. Mais pour l'enraciner davantage encore, il conviendrait de l'élargir au-delà « d'un universel de poche » et de l'étendre enfin aux femmes, ces « 9 millions d'esclaves », selon Hubertine Auclert, surnommée la « suffragette française », qui avait le sens de la formule.

Pourtant on assiste à la montée en puissance d'un mouvement qui a pour cible, non toutes les femmes, mais celles qui se revendiquent du courant féministe (mot lancé pour la première fois vers 1872).

À la veille de la Première Guerre mondiale, un journaliste et auteur renommé, se rengorge d'avoir « une très mauvaise presse » dans les journaux féministes, comme *La Citoyenne* (née en 1881) ou *La Fronde* (créée en 1897). Théodore Jourdan condamne le féminisme qui veut « *faire de la femme une espèce d'homme raté !...* ». Porte parole d'une élite intellectuelle et d'une communauté masculine jugée trop « timorée », il affirme qu'il est déjà presque trop tard et qu'il faut agir. Le Féminisme, écrit-il, se fait plus insistant, il est « offensif et meurtrier ». Il écrit encore qu'« *il leur faut aujourd'hui du sang et des victimes* ». Il faut arrêter « *l'effervescence des revendicatrices* » et mettre un terme à « *la turbulence des "suffragettes"* ».

La guerre des sexes a lieu et les antiféministes ne sont pas certains de la victoire s'ils restent attentistes, d'autant que la « féministe » a compris que l'ennemi, c'était « le mâle » et qu'elle pouvait le terrasser.

Derrière le refus du droit de vote et la haine des femmes émancipées se cachent la peur de la masculinisation des femmes et celle de la perte de la virilité des hommes. Dans le journal *Cyrano*, Clément Vautel, présenté comme le journaliste le plus populaire de l'entre-deux-

guerres, consacre deux pages aux « *sexes à l'envers* ». Il rappelle que dans l'espace public, sauf au théâtre, il n'est pas possible aux femmes de s'habiller en hommes et inversement. Et après avoir passé en revue divers arguments, il trouve une réponse : « *Ce sont là, en effet, les manifestations toujours plus ridicules d'un féminisme qui devrait plutôt s'appeler "hominisme", car ses adeptes renient leur sexe pour imiter, singer servilement l'homme à la fois détesté et admiré* ».

C'est donc tout l'équilibre de la société qui se trouve menacé, car la « femme à la page », telle qu'elle sera dans le futur, sera nécessairement un personnage haïssable. Elle provoquera la féminisation des hommes qui porteront la robe et achèteront bientôt des produits de beauté.

Cette peur des femmes, du mouvement féministe et du suffrage féminin est sans doute l'expression d'un profond malaise. Il y a la peur de partager le pouvoir sur la scène publique comme à l'intérieur du foyer. Mais il y a aussi un certain effroi face à l'avenir où la place des hommes sera minorée et celle des femmes valorisée. Il se traduit, dans l'immédiat, par l'aversion pour le suffrage féminin et une haine rentrée pour les porte-parole les plus avancés de l'égalité politique : « *Au contact des femmes, s'exclame en 1932 un parlementaire, dans les luttes électorales, le caractère des hommes [...] perdra de son énergie et de sa virilité* ».

Il faudra attendre la fin de la Seconde Guerre mondiale pour que le suffrage des femmes ébranle les conceptions masculines.

Frédéric CHAUVAUD < MSHS  
Frederic.chauvaud@univ-poitiers.fr  
<http://mshs.univ-poitiers.fr/>

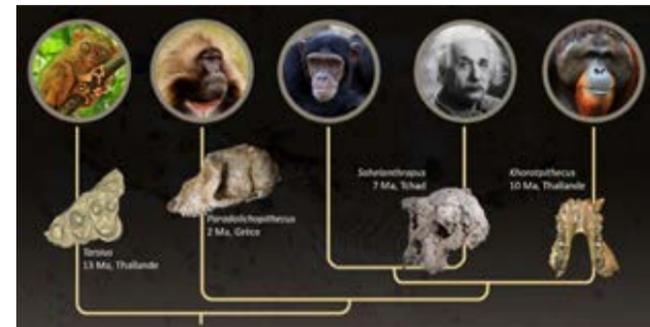


La femme dominatrice au tribunal (© Charles Léandre, Le Rire, 12 septembre 1903)

## Peau neuve pour les vieux os

Le laboratoire PALEVOPRIM se définit lui-même comme une "petite" unité mixte de recherche mono-équipe très active à l'international. Ce profil qui pourrait être atypique est idéal pour son cœur de métier qu'est la paléontologie, une discipline de recherche fondamentale résolument transdisciplinaire.

Pour faire parler les fossiles et les strates qui les contiennent, la paléontologie d'aujourd'hui intègre de façon inédite un large éventail de concepts et d'approches propres aux sciences de la terre, de l'évolution et de l'environnement, ainsi que des innovations méthodologiques issues de la physique, de la chimie et des sciences de l'information. Les fossiles témoignent des changements intervenus dans le vivant au cours de l'histoire de la planète. Les chercheurs étudient par leur biais l'évolution des organismes dans une perspective temporelle profonde (macroévolution). Si les recherches visent d'abord à reconstituer la diversité et la morphologie des espèces fossiles, ce n'est qu'une étape. L'histoire évolutive du vivant (liens de parentés, dispersions et variations des modes de vie au cours des temps géologiques) sont au centre des questionnements de PALEVOPRIM, avec en point de mire les interactions de ces organismes entre eux et avec les différentes composantes de leur environnement. Le laboratoire s'intéresse donc à l'histoire des écosystèmes disparus dans leur intégralité.



Cet arbre simplifié positionne quatre contributions fossiles de PALEVOPRIM (de droite à gauche) qui éclairent d'un jour nouveau l'histoire évolutive des tarsiés, des singes européens, des humains et des orangs-outans.

À PALEVOPRIM, l'équipe se focalise sur des paléoécosystèmes particuliers : ceux qui, depuis plus de 60 millions d'années, sont liés à l'histoire du groupe de mammifères particulier, l'ordre des Primates, qui inclut *Homo sapiens*. La paléoprimateologie (étude des primates fossiles) englobe toute l'histoire évolutive de ce groupe. Le laboratoire se focalise donc aussi bien sur les formes les plus éloignées des humains (proches des lémuriers) et les premiers singes connus (les anthropoïdes) que sur les grands singes (hominoïdes), dont le rameau humain fait partie. La réputation du laboratoire est d'ailleurs pour une bonne part fondée sur l'étude des humains fossiles du Tchad, *Australopithecus bahrelghazali* et *Sahelanthropus tchadensis*. Respectivement le premier australopithèque d'Afrique centrale et le plus ancien représentant connu de l'humanité, ces espèces ont été inventées à l'époque où le laboratoire s'intitulait « géobiologie, biochronologie et paléontologie humaine ».

### COMPRENDRE LES ÉCOSYSTÈMES PASSÉS

Si l'évolution des primates est toujours un aspect central de sa recherche, PALEVOPRIM met aujourd'hui en avant toute la diversité de ses approches thématiques et méthodologiques. Aux côtés des

primates, il étudie différents groupes de vertébrés (carnivores, ongulés herbivores, poissons, reptiles, rongeurs, ...) et différentes composantes de leurs environnements passés (milieux de dépôts sédimentaires, paléovégétation) qui tous contribuent de manière complémentaire à la compréhension des écosystèmes passés.

Bénéficiant de collaborations locales, nationales et internationales, la « boîte à outils méthodologiques » de PALEVOPRIM permet également d'identifier les différents éléments qui ont assuré le fonctionnement de ces écosystèmes. Cela permet de reconstituer leurs cadres physiques et les changements environnementaux sur la base des enregistrements géologiques et biologiques. Les traits adaptatifs et les histoires évolutives des organismes sont décrits grâce à l'anatomie comparée et aux techniques de l'imagerie 3D, à l'analyse des liens de parenté, à la biomécanique. Les interactions entre organismes sont étudiées notamment via les régimes alimentaires reconstruits par diverses approches sur les restes dentaires. Toutes ces approches sont pour une grande part basées sur une confrontation détaillée à des référentiels actuels, y compris expérimentaux.

"... l'approche du terrain des paléontologues  
... diffère fondamentalement  
de celle d'Indiana Jones."

### L'INDISPENSABLE TRAVAIL DE TERRAIN

L'arsenal méthodologique de PALEVOPRIM compte une autre composante décisive, car garantissant une bonne part du caractère innovant de sa recherche : le terrain. Les primates anciens n'ayant hélas laissé que très peu de traces dans le Poitou, ces travaux de terrain s'étendent des ergs du Sahara aux mines de charbon du Sud-Est asiatique, de la vallée du grand rift d'Afrique orientale aux confins des Balkans. Si les missions dans ces zones en majorité tropicales, isolées et hostiles revêtent un caractère romantique ou idyllique aux yeux de certains, l'approche du terrain des paléontologues poitevins diffère fondamentalement de celle d'Indiana Jones. Pour eux, il s'agit d'une phase



L'objectif final de PALEVOPRIM est de comprendre les relations complexes entre facteurs environnementaux, végétation et animaux (humains inclus). Ces relations à double sens ont en fine été les vrais moteurs de notre évolution.



L'acquisition des données paléontologiques passe obligatoirement par des travaux de terrain. Ces missions ont souvent lieu dans des milieux compliqués en domaine tropical.

d'acquisition des données qui doit être menée de façon rigoureuse quelles qu'en soient les conditions. Servi par une logistique complexe, ce processus doit énormément à la haute technicité et au dévouement des agents gestionnaires, préparateurs, logisticiens et/ou ingénieurs du laboratoire.

C'est sur tout cela que PALEVOPRIM s'appuie pour s'attaquer aux grandes questions de l'évolution des primates. Le développement des milieux ouverts en Afrique a-t-il vraiment eu un rôle décisif dans l'acquisition de la bipédie par la lignée humaine ? Quel a été l'impact de la mise en place de la mousson sur l'évolution des singes anthropoïdes ? Les connexions entre paléofleuves et paléolacs ont-elles favorisé les dispersions de nos ancêtres ? Qu'est-ce qui a conduit à l'extinction des grands singes en Europe ? Ces questions sont abordées sous l'angle des interrelations entre les vertébrés, la végétation, le climat, la tectonique, les réseaux hydrographiques, une approche unique au sein du CNRS.

### TRANSMETTRE DES SAVOIRS

PALEVOPRIM, seul laboratoire de paléontologie de la Nouvelle-Aquitaine, met également l'accent sur la transmission des savoirs à un large public, que ce soit dans le cadre de l'université de Poitiers (par exemple avec un master de paléontologie partagé avec l'université de Montpellier, et les activités du Centre de Valorisation des Collections de l'Université), aux niveaux local et régional (notamment en partenariat avec l'Espace Mendès France, CCSTI), ou bien dans les pays où il conduit ses missions de terrain (en particulier en Éthiopie et au Tchad). Ses activités de recherche contribuent à découvrir, conserver et valoriser un patrimoine naturel vu par ces États comme un outil de communication et d'attractivité. Les découvertes internationales de PALEVOPRIM et ses

collections paléontologiques du bassin aquitain ont le même potentiel pour une région Nouvelle Aquitaine renommée pour sa préhistoire.

Surtout, la paléontologie en général et les recherches du laboratoire en particulier permettent d'expliquer au public que l'histoire évolutive de l'humanité est totalement imbriquée dans celle du vivant. L'humanité fait partie de la biodiversité, et comme les autres espèces, elle est tributaire des changements constants des conditions de vie à la surface de la planète. Cette prise de conscience est un élément clef de la motivation de notre espèce à affronter la crise environnementale en cours.

### De l'IPHEP à PALEVOPRIM

Le 1<sup>er</sup> janvier 2018, le laboratoire de paléontologie de Poitiers a amorcé une nouvelle étape de son histoire. Piloté par une nouvelle équipe de direction, il a changé de nom : l'IPHEP est devenu PALEVOPRIM, le Laboratoire Paléontologie Évolution Paléoécosystèmes Paléoprimateologie (UMR 7262 CNRS/ Université de Poitiers) avec actuellement des universitaires (7 chercheurs-enseignants, 3 techniciens, 1 assistant ingénieur) et des personnels CNRS (4 chercheurs, 3 ingénieurs de recherche, 1 technicien), 3 doctorants, 2 post-doctorants et 3 professeurs émérites.

Jean-Renaud BOISSERIE < PALEVOPRIM  
jean.renaud.boisserie@univ-poitiers.fr

Franck GUY < PALEVOPRIM  
franck.guy@univ-poitiers.fr

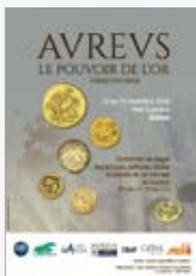
Gildas MERCERON < PALEVOPRIM  
gildas.merceron@univ-poitiers.fr

<http://palevoprims.labo.univ-poitiers.fr/>

à venir...

### Colloques

AUREUS. Le Pouvoir de l'or.



Le colloque « AUREUS. Le Pouvoir de l'or » vise à comprendre les usages économiques, politiques, sociaux et culturels de l'or monnayé en Occident, de l'époque hellénistique à l'année des quatre empereurs.

<http://www.iramat-ceb.cnrs-orleans.fr/spip/>

12-14 nov.

Orléans

Adaptation des marais littoraux au changement climatique



Trois jours de rencontres et d'échanges dédiés aux conséquences du changement climatique sur les marais littoraux.

<https://lienss.univ-larochelle.fr/Un-colloque-international-sur-l-adaptation-des-marais-littoraux-au-changement>

27-29 nov.

La Rochelle

**MS11**  
orléans  
2019

11<sup>th</sup> international  
symposium on  
**Molten Salts**  
Chemistry and Technology

11<sup>ème</sup> congrès international  
sur la chimie et la technologie  
des sels fondus

19-23 Mai  
2019

Centre de conférences  
Orléans, FRANCE

Plus d'info : <https://ms11.sciencesconf.org>  
contact : [ms11@cnrs-orleans.fr](mailto:ms11@cnrs-orleans.fr)

JEUX DE LUMIÈRES



**MANIFESTATION** - Exposition tout public en présence d'un médiateur scientifique. Plusieurs contenus sont présentés grâce à des manipulations, expérimentations, vidéos, jeux, énigmes...

[https://emf.fr/ec3\\_event/exposition-jeux-de-lumieres/](https://emf.fr/ec3_event/exposition-jeux-de-lumieres/)

28 sept. - 6 juil.

Poitiers

À QUI APPARTIENT LE PAYSAGE DANS  
LES ESPACES RURAUX MARGINAUX  
DES PAYS DU SUD ?



**COLLOQUE** - Ce colloque international s'adresse aux étudiants, enseignants-chercheurs et chercheurs, qui s'intéressent à l'évolution des paysages ruraux des régions marginalisées dans les pays du Sud.

<https://aqapa.hypotheses.org/>

16-18 janv.

La Rochelle