



Centre
Lyon-Grenoble Auvergne-Rhône-Alpes

INRAE



Rapport d'activité 2020-2021

2 ans d'activité de recherche d'un nouveau Centre



➤ Le mot du président

Issu de la fusion de l'INRA et d'IRSTEA, notre « nouveau Centre » est né au 1er janvier 2020 du regroupement de deux Centres Irstea, celui de Lyon-Villeurbanne et de celui de Grenoble, avec la partie rhônalpine du Centre INRA de Clermont-Ferrand.

Je vous encourage vivement à parcourir ces quelques pages, organisées autour des 6 identifiants scientifiques d'INRAE en Région Auvergne-Rhône-Alpes que notre Centre partage avec le Centre INRAE de Clermont-Ferrand. Vous y découvrirez quelques faits, parmi les plus marquants de l'activité scientifique des deux premières années de notre tout jeune Centre, qui ont, pour la plupart, fait l'objet d'un communiqué de presse. Je suis certain qu'elles sauront vous convaincre de l'engagement et du dynamisme de l'ensemble des personnels de notre Centre : face à une crise sanitaire sans précédent qui a largement impacté ces deux années, chacun, dans son rôle de chercheuse ou de chercheur, de technicienne ou de technicien, d'administrative ou d'administratif, a dû et su s'adapter, développer de nouvelles façons de travailler, mobiliser de nouvelles ressources, et maintenir, malgré le contexte difficile, des collaborations aussi fructueuses qu'indispensables avec nos nombreux partenaires académiques et socio-économiques. C'est aussi dans ce contexte qu'est né notre premier Laboratoire Partenarial Associé (LPA).

Parce qu'elle ne se conçoit pas à l'écart du monde, parce elle est d'abord au service de la société, les scientifiques du Centre Lyon-Grenoble Auvergne-Rhône-Alpes ont à cœur de partager leur passion pour la science. Puisse ce rapport y contribuer, notamment ses deux pages consacrées à la découverte de nouvelles interfaces de dialogue entre sciences, recherche et société.

Tous les agents du Centre INRAE Lyon-Grenoble Auvergne-Rhône-Alpes ont contribué à faire reculer les limites de la connaissance et à démonter, de manière encore plus criante aujourd'hui qu'hier, combien la recherche est indispensable pour affronter les immenses défis auxquels notre société doit faire face.

Je vous en souhaite une très bonne lecture !

Pascal Boistard, *Président de Centre INRAE Lyon-Grenoble Auvergne-Rhône-Alpes*



➤ **LES 6 AXES THÉMATIQUES DE NOTRE CENTRE**

➤ Sommaire

LE MOT DU PRÉSIDENT	P3
FAITS MARQUANTS SCIENTIFIQUES	
L'eau, les bassins versants, l'écologie aquatique et les écotechnologies associées	P4
Les risques naturels, sanitaires et environnementaux	P8
Les territoires et les socio-écosystèmes, leurs qualifications, leurs trajectoires et leur accompagnement	P14
La biologie intégrative des plantes modèles et cultivées et l'adaptation à leur environnement	P16
La nutrition humaine, la complexité alimentaire et la santé	P20
CULTURE, SCIENCES ET SOCIÉTÉ	P12
CARTE D'IDENTITÉ DU CENTRE NOS PARTENAIRES ET CHIFFRES CLÉS	P22



L'écologie & les écotechnologies associées à l'eau



Les trajectoires historiques de contamination dans le Rhône

L'Observatoire des Sédiments du Rhône (OSR) est un programme de recherche créé en 2009 dans le cadre du Plan Rhône-Saône. Il a pour mission de produire, analyser et gérer des données visant à caractériser les stocks et les flux sédimentaires, ainsi que les pollutions associées à ces sédiments. L'OSR met actuellement en œuvre son 6^{ème} Programme d'actions (2021-2023). Il déploie ses activités sur l'ensemble du corridor fluvial, depuis le Lac Léman jusqu'à la Mer Méditerranée, ainsi que sur une partie des affluents du Rhône. L'unité RiverLy et l'unité LEHNA collaborent dans le cadre de ce programme.

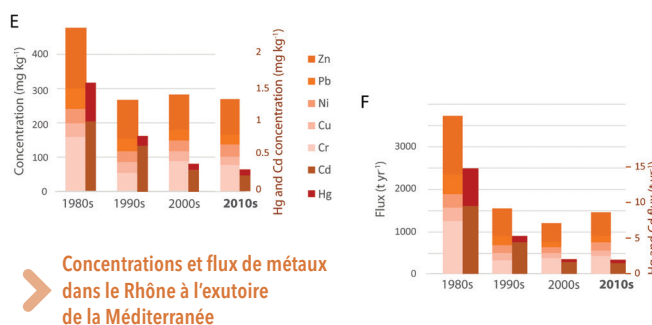


Depuis plus de cinquante ans, les eaux douces du monde entier subissent une détérioration chimique, en particulier à cause des polluants hérités des activités humaines passées. C'est pourquoi les problèmes de qualité de l'eau sont devenus un défi majeur pour l'humanité au XXI^e siècle.

La répartition des pollutions dans le monde est loin d'être uniforme. RiverLy et le LEHNA ont mené l'enquête pour évaluer la distribution spatiale de la pollution des grands bassins fluviaux, notamment du Rhône, et en comprendre l'origine. Dans ce cocktail de polluants, les contaminants hérités, c'est-à-dire qui ont principalement été émis par les activités humaines depuis le milieu du XX^e siècle comme les métaux, les polychlorobiphényles ou les hydrocarbures aromatiques polycycliques, sont toujours présents dans les hydrosystèmes, notamment associés aux sédiments. En évaluant les flux de ces micropolluants particuliers à l'exutoire des fleuves mondiaux, les scientifiques ont pu classer le degré de contamination des grands bassins fluviaux.

Premier résultat, le bassin du Rhône est aujourd'hui bien plus propre qu'il ne l'était par le passé et est comparable au niveau de contamination des fleuves français (la Loire, la Garonne et la Seine), européens (Elbe, Volga, Danube) et nord-américains (Mississippi, Saint-Laurent et Colorado). En revanche, l'étude indique que les niveaux de contamination des bassins fluviaux situés dans des pays en voie de développement (Asie et Amérique

du Sud) sont proches de ceux du Rhône dans les années 1980. Un lien a été établi entre les apports de ces polluants à l'exutoire de ces bassins versants mondiaux et les indicateurs socio-économiques (densité d'habitants, de barrages, de villes, PIB par habitant).



Concentrations et flux de métaux dans le Rhône à l'exutoire de la Méditerranée

UNITÉS RIVERLY ET LEHNA

CONTACT SCIENTIFIQUE :

marina.coquery@inrae.fr

RÉFÉRENCE :

<https://hal.archives-ouvertes.fr/OSR>

Plus de la moitié des cours d'eau mondiaux sont intermittents



Une étude de l'unité RiverLy-équipe EcoFlowS et de l'Université McGill portant sur 64 millions de kilomètres de cours d'eau dans le monde révèle qu'entre 51 et 60 % cessent de couler périodiquement ou sont à sec pendant une partie de l'année.

Contrairement aux rivières et ruisseaux permanents dont l'importance est bien reconnue, la valeur et le devenir des cours d'eau intermittents ont tendance à être négligés ou ignorés.

Des écosystèmes uniques et précieux sous tous les climats et sur tous les continents

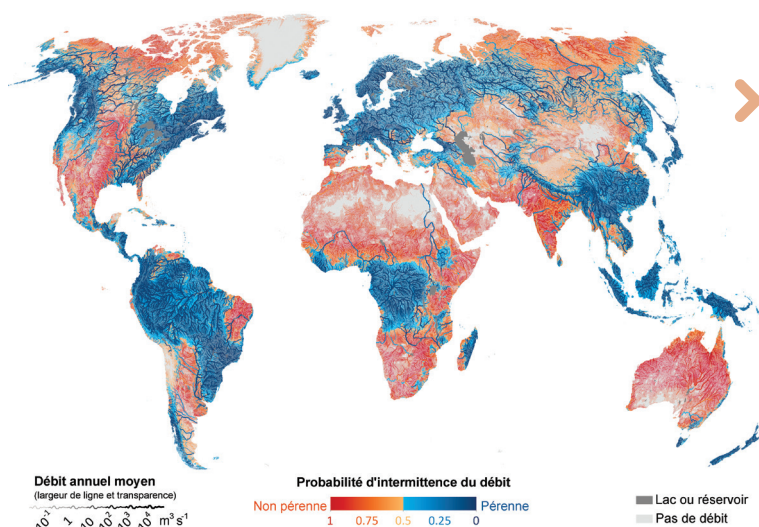
Les rivières et ruisseaux intermittents abritent une biodiversité unique, composée de nombreuses espèces adaptées aux cycles de présence et d'absence d'eau. Ils jouent également un rôle important dans le contrôle de la qualité de l'eau et fournissent des sources d'eau et de nourriture essentielles pour les populations. Aujourd'hui, il s'agit de la première source d'eau et de moyens de subsistance pour des millions de personnes. En s'appuyant sur des informations concernant le climat, l'hydrologie, la géologie, et l'utilisation des terres environnantes du réseau fluvial terrestre, cette étude met en évidence la présence des cours d'eau non pérennes dans tous les climats et biomes¹, et sur tous les continents. Sur la base d'estimations préliminaires, l'étude suggère que plus de la moitié

de la population mondiale vit dans des endroits où le cours d'eau le plus proche n'est pas pérenne.

De nombreux cours d'eau autrefois pérennes sont devenus intermittents au cours des 50 dernières années, y compris des sections de fleuves emblématiques tels que le Nil et le Colorado. Liée à la poursuite du changement climatique, aux changements d'utilisation des terres, et à l'évolution du prélèvement d'eau pour de multiples usages (agriculture, eau potable, industries et énergie ...), une proportion de plus en plus importante du réseau fluvial mondial devrait cesser de couler de manière saisonnière au cours des prochaines décennies.

Bien souvent, les cours d'eau intermittents sont gérés de manière inadéquate voire exclus des actions de gestion et des lois de conservation, car oubliés. Cette négligence conduit dans de nombreux cas à leur dégradation due au pompage excessif de l'eau, à la pollution et à la surpêche.

[1] Biome : ensemble d'écosystèmes caractéristique d'une aire biogéographique.



Distribution mondiale des cours d'eau intermittents.
Ils sont présents sous tous les climats et sur tous les continents.
Messager et al. 2021

UNITÉ RIVERLY

CONTACTS SCIENTIFIQUES :

mathis.messager@inrae.fr
thibault.datry@inrae.fr

RÉFÉRENCE :

DOI : <https://doi.org/10.1038/s41586-021-03565-5>



DRYrivERS, une application smartphone pour surveiller l'assèchement des rivières

Dans le cadre du projet DRYvER* piloté par l'unité RiverLy, une équipe internationale de scientifiques collecte, analyse et modélise des données provenant de réseaux hydrographiques sujets aux assèchements à travers deux continents, l'Europe et l'Amérique du Sud. Pour aider les scientifiques à cartographier les assèchements des rivières, les citoyens ont désormais une application à leur disposition : DRYrivERS.

Sciences participatives



Pour télécharger l'application DRYrivERS gratuitement :

- > Sur Google Play et AppStore
- > Ou sur le site web du projet :

<https://www.dryver.eu/citizen-science/introduction>

Plus d'infos sur l'appli en vidéo (sous-titrée en anglais) :

https://youtu.be/TZL4Rx_PxY

*DRYvER est financé par le programme Horizon 2020, géré par la Commission européenne.

➤ Impact du changement climatique : les lacs perdent leur oxygène



Les niveaux d'oxygène des lacs situés dans les zones de climat tempéré déclinent rapidement, plus vite que dans les océans. Le changement climatique est la principale cause de cette tendance depuis au moins quatre décennies qui menace la biodiversité et la potabilité des lacs d'eau douce.

Bien qu'ils ne représentent que 3% de la surface des terres émergées, les lacs contiennent une grande biodiversité. Plus petits que les mers et les océans, ils réagissent plus rapidement aux effets des changements environnementaux. Ils représentent ainsi de véritables sentinelles des impacts du changement climatique sur les écosystèmes. C'est pourquoi une équipe internationale du GLEON (Global Lake Ecological Observatory Network) a conduit une étude sur plus de 45 000 échantillons d'eau de 400 lacs des zones tempérées du globe, principalement en Amérique du Nord et en Europe, dont les plus anciens relevés datent de 1941 et les plus récents de 2019. L'UMR CARTEL a notamment contribué en fournissant les données de l'Observatoire des lacs alpins OLA. Les scientifiques ont analysé l'oxygène dissout des eaux de surface et des eaux profondes des échantillons ainsi que les profils de température des eaux.

Des écosystèmes uniques et précieux sous tous les climats et sur tous les continents

Les résultats montrent que, depuis 1980, les lacs ont globalement perdu de l'oxygène. Les niveaux d'oxygène des lacs étudiés ont en moyenne baissé de 5,5% dans les eaux de surface et de 18,6% dans les eaux profondes, une perte à une vitesse 3 à 9 fois plus rapide que celle des océans. Le principal moteur de cette perte d'oxygène dans les eaux de surface est l'augmentation globale des températures qui diminue la solubilité de l'oxygène dans l'eau.

Un risque accru d'eutrophisation et d'émission de gaz à effet de serre

La concentration en oxygène régit de nombreuses caractéristiques de la qualité écologique des eaux. En effet la plupart des organismes vivants, comme les poissons, dépendent du niveau d'oxygène de l'eau, et une baisse trop importante peut mener au déclin de certaines espèces. Dans le même temps, cette baisse d'oxygène favorise les microorganismes qui évoluent plus facilement dans des milieux sans oxygène, comme certaines

bactéries qui produisent du méthane, un puissant gaz à effet de serre. La baisse du niveau d'oxygène impacte également les sédiments situés au fond des lacs qui retiennent la pollution. Avec la baisse de la concentration en oxygène, ces sédiments réémettent de la pollution métallique et des nutriments, comme le phosphore, qui font baisser la qualité chimique des eaux et favorisent les phénomènes d'eutrophisation

UMR CARTEL

CONTACT SCIENTIFIQUE :

jean-philippe.jenny@inrae.fr

RÉFÉRENCE :

DOI : <https://www.nature.com/articles/s41586-021-03550-y>



Application Fishola : compréhension et préservation des lacs

FISHOLA est une application smartphone vous permettant de renseigner vos sorties de pêches et vos captures sur les grands lacs alpins (Léman, lac d'Annecy, du Bourget et d'Aiguebelette). En renseignant ces informations vous participez à la compréhension et à la préservation des lacs.

Sciences
participatives



Pour télécharger l'application FISHOLA gratuitement :

> Sur Google Play et AppStore

<https://fishola.fr>

Des ressources pour l'eau : focus sur 3 projets de recherche



Projet Explore 2 : STRATÉGIES DE GESTION DE L'EAU FACE AUX IMPACTS DU CHANGEMENT CLIMATIQUE

UNITÉ RIVERLY

CONTACT SCIENTIFIQUE :
eric.sauquet@inrae.fr

Face à l'augmentation des températures qui pourraient dépasser +4°C et la baisse des précipitations estivales à horizon 2100 en France, il est probable que certains territoires français soient au cours du XXIème siècle plus durement et plus fréquemment touchés par des épisodes de sécheresse l'été. Cela aura pour conséquence une moindre disponibilité des ressources en eau dans les rivières et un impact sur les nappes.

Lancé en juillet 2021, le projet Explore2 est porté par INRAE et appuyé par l'Office International de l'Eau (OiEau). Explore2 a pour objectif, d'ici 2024, d'actualiser les connaissances sur l'impact du changement climatique sur l'hydrologie à partir des dernières publications du GIEC[1], mais aussi d'accompagner les acteurs des territoires dans la compréhension et l'utilisation de ces résultats pour adapter leurs stratégies de gestion de la ressource. Véritable bien commun, l'eau est indispensable à de nombreux usages : les activités économiques (agricoles, industrielles, touristiques), les besoins en eau potable de la population locale et ceux inhérents à la préservation de la qualité des milieux aquatiques. La rareté de cette ressource naturelle pourrait entraîner des conflits qu'il faut anticiper.



Projet LIFE eau et climat : ADAPTATION AU CHANGEMENT CLIMATIQUE

UNITÉ RIVERLY

CONTACT SCIENTIFIQUE :
jean-philippe.vidal@inrae.fr

L'adaptation au changement climatique est un enjeu important dans la gestion des ressources en eau. Lancé en septembre 2020, le projet LIFE Eau&Climat vise à aider les acteurs locaux à améliorer leurs connaissances et à les mobiliser sur cet enjeu. Coordonné par l'Office International de l'Eau, il regroupe 14 partenaires avec des organismes de gestion locale de l'eau et des structures scientifiques et techniques.

Les principales actions du projet LIFE Eau&Climat sont les suivantes :

- Développer des outils d'aide à la décision à destination des acteurs locaux, pour évaluer les vulnérabilités du territoire et planifier l'adaptation au changement climatique ;
- Faciliter la mobilisation des acteurs locaux grâce à des recommandations basées sur une analyse de pratiques
- Améliorer l'accès aux données hydro-climatiques avec la mise à disposition de données en ligne et des recommandations sur la collecte et la valorisation des données.
- Renforcer le transfert de connaissances et les échanges entre les chercheurs et les gestionnaires en particulier pour aider à la prise de décision.
- Assurer la répliquabilité et la transférabilité des résultats



Projet MULTISOURCE : LA GESTION DÉCENTRALISÉE DES EAUX URBAINES

UNITÉ REVERSAAL

CONTACTS SCIENTIFIQUES :
pascal.molle@inrae.fr
jaime.nivala@inrae.fr

L'objectif du projet MULTISOURCE est de démontrer la pertinence d'une variété de solutions fondées sur la nature pour traiter les eaux urbaines.

MULTISOURCE vise aussi à développer des outils, des méthodes et des modèles innovants qui guident les acteurs de la planification à l'échelle de la ville ainsi que ceux en charge de l'exploitation et de la maintenance à long terme des systèmes de traitement et de réutilisation des eaux usées. MULTISOURCE apportera de nouvelles connaissances sur des solutions fondées sur la nature et leur capacité à éliminer des contaminants variés et à réduire efficacement les risques chimiques et biologiques, ainsi que sur leur capacité à s'intégrer dans le paysage et à contribuer à l'amélioration des habitats urbains. MULTISOURCE permettra ainsi d'accroître le recours à de telles solutions, de promouvoir la réutilisation de l'eau au niveau local et de minimiser le rejet d'eaux usées urbaines non traitées dans le milieu.



Risques naturels, sanitaires et environnementaux



➤ L'UMR IVPC contribue à identifier deux voies d'entrée du SARS-CoV-2 dans les cellules

En 2021, une étude pilotée par INRAE et l'Université de Heidelberg en Allemagne, a décrypté les mécanismes d'entrée du virus du SARS-CoV-2 au sein des cellules. Les résultats, publiés le 23 juin 2021 dans la revue EMBO Journal, ont montré que le virus utilise deux voies d'entrée : une rapide pour les cellules possédant une protéase* spécifique à leur surface, appelée TMPRSS-2, et une voie lente pour les cellules ne possédant pas cette protéase.

Depuis début 2020, le virus SARS-CoV-2, causant la COVID-19, a infecté plus de 579 millions de personnes dans le monde et causé la mort de plus de 6,41 millions de personnes. Outre les vaccins, la stratégie la plus efficace pour limiter la propagation du virus est de cibler les premiers stades de l'infection pour empêcher le virus de pénétrer dans les cellules grâce à des traitements médicamenteux. Pour cela il est indispensable de comprendre comment ce virus pénètre dans les cellules. En s'inspirant des études faites sur le MERS-CoV, un autre coronavirus identifié en 2012 causant le syndrome respiratoire du Moyen-Orient, l'équipe de recherche a étudié l'infection du SARS-CoV-2 sur différents types de cellules pour identifier la ou les voies d'entrée du SARS-CoV-2 dans les cellules.

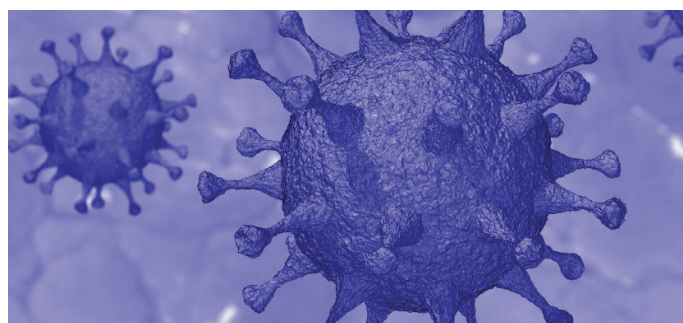
Ces résultats ont démontré que le virus SARS-CoV-2 a la capacité d'utiliser plusieurs mécanismes cellulaires pour infecter un plus grand nombre de type de cellule.

Une voie rapide et une voie lente

Les scientifiques ont utilisé des modèles cellulaires reproduisant différents types de tissu comme les poumons, le colon ou les reins qu'ils ont infectés avec des virus SARS-CoV-2. Durant les analyses, il est apparu les certaines

cellules étaient infectées plus ou moins rapidement. Les scientifiques ont mis en évidence que toutes les cellules infectées rapidement possédaient à leur surface un récepteur, TMPRSS2, que le virus utilise exclusivement pour pénétrer dans ces cellules. Lorsque le récepteur TMPRSS2 est absent, le virus emprunte une autre route, la voie endolysosomale*, plus lente car elle implique de multiples mécanismes cellulaires.

Cette étude a ouvert de nouvelles perspectives dans le traitement de l'infection au SARS-Cov2 pour développer des stratégies thérapeutiques plus efficaces ciblant simultanément les deux voies d'entrée du virus dans les cellules.



**Protéases :**

Les protéases sont des enzymes agissant sur des protéines. Elles possèdent un site de reconnaissance qui fait qu'elles n'agissent que sur certaines molécules spécifiques.

Voie endolysosomale :

mécanisme de transport de fluides et macromolécules vers l'intérieur de la cellule au moyen de petites vésicules, aussi nommés endosomes et lysosomes.

UMR IVPC**CONTACT SCIENTIFIQUE :**

pierre-yves.lozach@inrae.fr

RÉFÉRENCE :

DOI : <https://doi.org/10.15252/embj.2021107821>

➤ L'UMR IVPC et ses partenaires découvrent une protéine virale ressemblant au prion

Les maladies neurodégénératives, telles que celles de Creutzfeldt-Jakob, Parkinson et Alzheimer, ont en commun la formation et l'accumulation de protéines dans le cerveau qui forment des fibrilles amyloïdes⁽¹⁾. Jusqu'à présent, seules les maladies à prion, également associées à des dépôts amyloïdes, étaient considérées comme transmissibles. En 2020, des scientifiques d'INRAE, de l'Institut Pasteur et du campus universitaire d'Heidelberg ont montré qu'un virus infectant les ruminants en Afrique était lui aussi capable de former des amas ressemblant aux fibrilles amyloïdes dans le cerveau. Leurs résultats sont parus le 1er juillet 2020 dans la revue Nature Communications.

Le Virus de la Fièvre de la Vallée du Rift (VFVR) infecte l'Homme et le bétail, notamment les ruminants comme les vaches et les moutons via des piqûres de moustiques. Initialement présent en Afrique sub-Saharienne, le virus se dissémine dans d'autres régions proches telles qu'au Moyen-Orient ou sur l'île de Madagascar et pourrait émerger en Europe. Peu d'études ont été menées sur ce virus mais il est avéré que celui-ci est mortel, sans pour autant qu'on sache exactement par quel mécanisme il entraîne la mort.

Une équipe de scientifiques d'INRAE, en partenariat avec l'Institut Pasteur, l'Université d'Heidelberg et le Centre de Recherche Allemand en Cancérologie, s'intéresse à ce virus, de l'échelle moléculaire à son comportement dans l'hôte. L'équipe a découvert qu'une protéine, NSs, d'origine virale et fabriquée dans les cellules infectées, forme de gros amas semblables aux fibrilles amyloïdes. Les scientifiques ont donc étudié cette protéine sous toutes ses coutures, en combinant différentes approches telles que la biochimie et la microscopie.

Ces travaux permettent une avancée non négligeable dans la connaissance de ce virus qui constitue un réel enjeu pour les pays africains et leurs voisins. Ces travaux sur la protéine NSs permettent d'établir l'existence d'une nouvelle catégorie de protéines virales capables de former des fibrilles de type amyloïde, comme le prion.

UMR IVPC**CONTACT SCIENTIFIQUE :**

pierre-yves.lozach@inrae.fr

RÉFÉRENCE :

DOI : <https://doi.org/10.1038/s41467-020-17101-y>

¹ Les fibrilles amyloïdes résultent du mauvais repliement et de l'assemblage aberrant de protéines codées par la cellule hôte en fibrilles linéaires hautement ordonnées. À ce jour, environ 50 protéines humaines distinctes ont été identifiées comme formant des fibrilles amyloïdes.



➤ Changement climatique : le risque avalanche prend de la hauteur



Quels sont les impacts du réchauffement climatique sur les avalanches ? Une équipe pluridisciplinaire composée de scientifiques d'INRAE (unité Érosion Torrentielle, Neige et Avalanches), de Météo France, du CNRS, et des universités Grenoble Alpes, Genève et de Haute-Alsace a tenté de répondre à cette question. Pour cela les scientifiques ont utilisé une approche innovante combinant analyse de sources historiques, modélisation statistique et climatologie. Les résultats de leur étude ont été publiés dans la prestigieuse revue PNAS en 2021.

Quelles conséquences du réchauffement climatique sur les avalanches ?

Il est désormais bien établi que les zones de montagne sont particulièrement touchées par le réchauffement climatique. Les impacts sont très importants sur l'évolution des glaciers et l'enneigement. Mais qu'en est-il de l'évolution de l'activité avalancheuse ? L'enjeu en matière de risque est crucial étant donné la dangerosité des avalanches pour les humains et les infrastructures (bâtiments, réseaux de transport et de communication, etc.).

Pourtant, faute de séries d'observations d'avalanches de suffisamment longue durée et de techniques statistiques capables de rendre compte des nombreux biais inhérents aux rares séries existantes, les conséquences du changement climatique sur l'activité avalancheuse sont encore peu connues. Pour y remédier, l'équipe de recherche a étudié l'évolution de l'activité avalancheuse entre la fin du XVIII^e siècle et 2014 dans le Massif vosgien. Les scientifiques ont utilisé une approche pluridisciplinaire innovante combinant analyse du corpus de sources historiques (archives écrites, documents iconographiques, témoignages, etc.), modélisation statistique et climatologie.

Réduction des avalanches et montée en altitude

Grâce à ses travaux, l'équipe a montré que l'augmentation de température de +1,5°C dans le Massif vosgien entre le milieu du XIX^e et le début du XX^e siècle (fin de ce que l'on dénomme le « Petit âge glaciaire ») a induit une remontée en altitude des avalanches qui se produisent à présent essentiellement aux altitudes les plus élevées du massif (zones de

déclenchement avec une altitude minimale de 1200 m environ). L'activité avalancheuse reste cependant encore un risque potentiel dans ce massif. Cette étude suggère qu'à terme, dans de nombreux massifs montagneux, l'activité avalancheuse va progressivement être restreinte à des altitudes de plus en plus élevées et que ce mouvement s'accompagnera vraisemblablement par une réduction en moyenne de leur taille et de la durée de la saison durant laquelle elles se produisent à mesure que le réchauffement futur réduira l'enneigement. Plus largement, ces résultats montrent que les massifs de moyenne montagne peuvent servir de sentinelles des impacts du réchauffement climatique et aider ainsi à la conception de stratégies d'adaptation efficaces pour l'ensemble des territoires de montagne.

UNITÉ RIVERLY

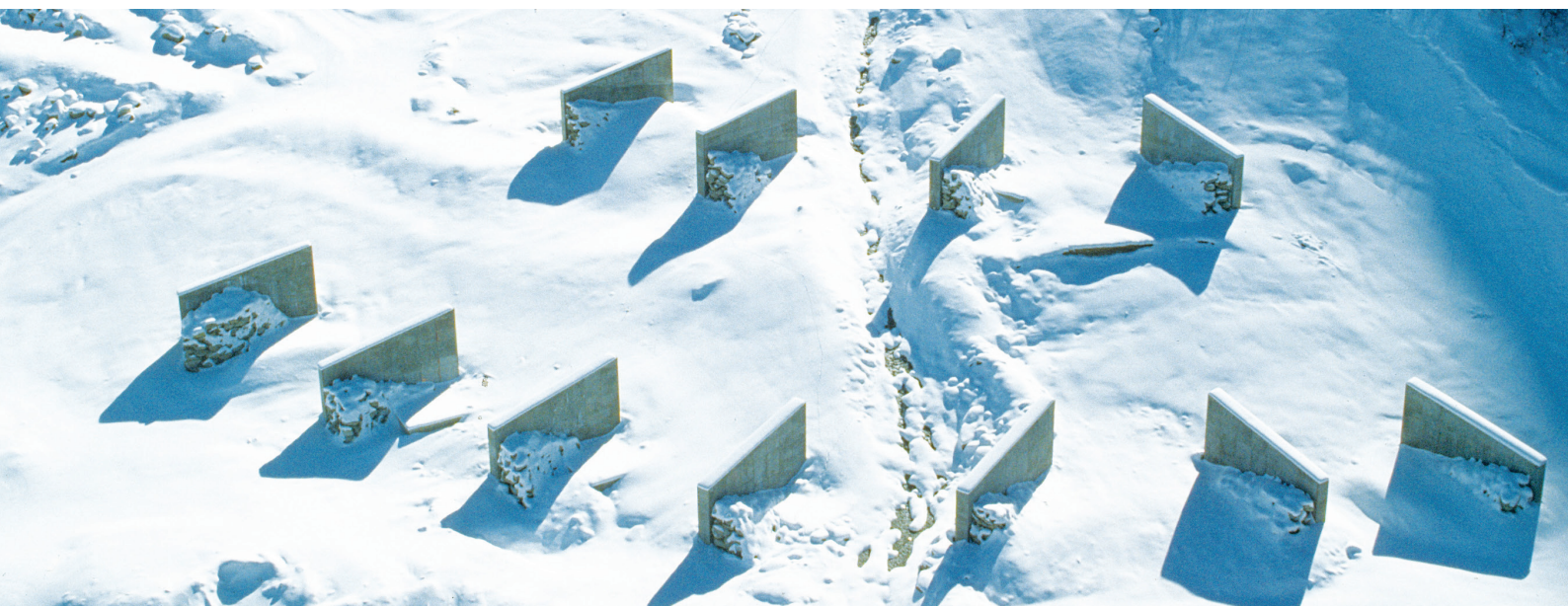
CONTACTS SCIENTIFIQUES :

florie.giacona@inrae.fr

nicolas.eckert@inrae.fr

RÉFÉRENCE :

DOI : <https://doi.org/10.1073/pnas.2107306118>



➤ Pollution aquatique : explorer la piste du lipidome chez les crustacés d'eau douce



Le lipidome constitue l'ensemble des lipides d'un organisme vivant. Son analyse chez les gammarus, espèce sentinelle bio-indicatrice de la pollution des écosystèmes aquatiques, permet de mieux comprendre les mécanismes de toxicité induits par les polluants. En analysant le lipidome chez le crustacé *Gammarus fossarum*, des scientifiques de l'Université Claude Bernard Lyon 1, de l'unité RiverLy d'INRAE et du CNRS, en collaboration avec l'Institut Max Planck de Dresde, ont pour la première fois localisé et identifié des lipides sulfatés chez ce crustacé d'eau douce. Ces résultats, publiés dans la revue *iScience*, ouvrent la voie à une meilleure compréhension de l'impact des polluants sur les milieux aquatiques.

Les espèces sentinelles jouent un rôle indispensable dans la surveillance de la pollution de l'environnement dans les écosystèmes aquatiques. Or, de nombreux polluants présents dans l'eau s'avèrent être des perturbateurs endocriniens. Ils peuvent modifier l'homéostasie lipidique - l'équilibre de la composition des lipides dans les cellules - chez les espèces aquatiques comme le gammarus (*Gammarus fossarum*), une famille de crustacés considérée comme un bon bio-indicateur de la qualité de l'eau. Une caractérisation exhaustive de l'ensemble des lipides, ainsi que de leurs distributions spatiales, chez ces espèces est essentielle pour comprendre les mécanismes de toxicité induits par les polluants. Dans ce but, des scientifiques de l'Institut des sciences analytiques (ISA - Université Claude Bernard Lyon 1/CNRS) et de l'INRAE, en collaboration avec l'Institut de chimie des substances naturelles (ICSN - Université Paris-Saclay/CNRS), le Laboratoire de biogenèse membranaire (LBM - Université de Bordeaux/CNRS) et l'Institut Max Planck de Dresde, ont

identifié et quantifié de manière précise le lipidome chez le crustacé d'eau douce *Gammarus fossarum*.

A l'aide de techniques de pointe comme la lipidomique à haut débit par approche Shotgun et l'imagerie multimodale par spectrométrie de masse, les chercheuses et chercheurs ont localisé et identifié des lipides sulfatés jamais décrits chez *Gammarus fossarum* et dont la fonction demeure inconnue. Les résultats obtenus approfondissent ainsi la compréhension des changements biochimiques au cours du développement chez *Gammarus fossarum*. Ils pourraient servir de référence pour de futures études écotoxicologiques. Cette recherche, financée par l'Agence nationale de la recherche et l'Institut de chimie de Lyon, ouvre la voie à une meilleure compréhension de l'homéostasie lipidique chez le crustacé d'eau douce *Gammarus fossarum* et des bouleversements métaboliques qui peuvent avoir lieu lors des cycles de mue/reproduction après exposition à des contaminants.

UNITÉ RIVERLY

CONTACT SCIENTIFIQUE :

arnaud.chaumot@inrae.fr

RÉFÉRENCE :

<https://doi.org/10.1016/j.isci.2021.102115>



Partenariats

Le centre INRAE Lyon-Grenoble Auvergne-Rhône-Alpes et ViewPoint ont créé un Laboratoire Partenarial Associé (LPA) dénommé ViewTox. La préservation de la ressource en eau et de la biodiversité aquatique sont des préoccupations sociétales majeures dont une des prérogatives est de limiter le rejet de contaminants toxiques dans l'environnement aquatique. C'est dans ce cadre que l'auto-surveillance des rejets industriels et urbains fait progressivement son apparition dans la législation. Un partenariat entre la société Viewpoint spécialisée dans le développement de dispositifs d'analyse vidéo pour le suivi du comportement d'organismes - et le laboratoire d'écotoxicologie de l'unité RiverLy a abouti au co-développement du dispositif ToxMate capable d'évaluer sur site, en ligne et en temps réel la qualité des eaux via l'analyse par suivi vidéo du comportement locomoteur de 3 espèces d'invertébrés aquatiques (crustacé, escargot, sangsue). Les objectifs de ce LPA sont

d'approfondir les connaissances sur le comportement des espèces aquatiques pour leur utilisation en suivi vidéo, le développement de nouveaux domaines d'application de la méthodologie (rejets industriels) et de comprendre le lien entre nature de la contamination chimique et diversité des réponses des espèces animales. « Projet soutenu par la Région Auvergne-Rhône-Alpes.

> Découvrez ToxMate en vidéo



Sciences et société

La science ne se conçoit pas à l'écart du monde, elle est d'abord au service de la société. Les scientifiques du Centre Lyon-Grenoble Auvergne-Rhône-Alpes ont à cœur de partager leur passion pour la science.

FÊTE DE LA SCIENCE

SANDBOX

Un dispositif interactif sur les risques naturels en montagne
Projet 2020 du site INRAE de Grenoble Saint-Martin-d'Hères



SANDBOX, bac à sable interactif, est un dispositif pédagogique innovant qui permet de modéliser des événements géomorphologiques, liés à des catastrophes naturelles ou à des actions préventives ou correctives sur le terrain. Ce projet a été conçu à partir de recherches effectuées au sein des unités LESSEM et ETNA, en partenariat avec le CCSTI La Casemate, l'OSUG et la Maison pour la science en Alpes Dauphiné.

QU'EST-CE QU'UNE RIVIÈRE ?

Projet 2021 du site INRAE de Lyon-Villeurbanne



Est-ce qu'il y a toujours de l'eau dans une rivière ? Qu'est-ce qui définit une rivière ? Les scientifiques du site de Lyon-Villeurbanne ont partagé leur façon de voir et d'étudier la rivière.

LES LACS, SOURCES DE DÉCOUVERTES SCIENTIFIQUES ET D'ÉMOTION

Projet 2021 du site de Thonon-les-Bains - UMR CARRTEL

Au programme, petits et grands ont pu découvrir quelques secrets physico-chimiques, la grande diversité et l'utilité des microalgues et du zooplancton, de nombreux outils et instruments de mesure ou encore tout ce qui se cache derrière le peuplement piscicole.

LE MONDE DE JAMY

Réchauffement climatique :
comment protéger nos montagnes ?

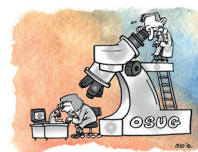


Pendant un an, Jamy Gourmaud a parcouru les massifs français avec des glaciologues, des scientifiques et des alpinistes pour comprendre les conséquences du changement climatique sur nos montagnes. Au côté de l'unité de recherche ETNA, il devient un chasseur d'avalanches dans les Alpes. Cette émission, diffusée en mars 2021, est dédiée à Xavier Ravanat.





FLASH ! VIDÉO DE VULGARISATION SCIENTIFIQUE DE L'OSUG



En 2020, l'OSUG a lancé sa série Flash sur les réseaux sociaux, des vidéos courtes de vulgarisation scientifique sur les thématiques Terre Univers et Environnement écrites et réalisées en partenariat avec les scientifiques de l'Observatoire.

Zoom sur la fin de la neige naturelle en station ? avec Hugues François, chercheur de l'unité LESSEM.



EMISSION GRAND BIEN VOUS FASSE ! FRANCE INTER

Vices et vertus du lait



Désormais, la lune de miel entre le lait et les consommateurs décline. Longtemps associé à la croissance et à la bonne santé, certains l'accusent de tous les maux...

Quels sont les alternatives au lait ? En partenariat avec le mensuel « Ca m'intéresse ».

> A réécouter en podcast



PODCAST INRAE LA BOUCLE EST BOUCLÉE

Qu'apporte la science face aux enjeux environnementaux ?



En 10 minutes, du champ à l'assiette, du grain de sable à la planète, d'une goutte d'eau à l'océan, on vous raconte l'aventure scientifique, et les solutions qu'elle peut apporter.

RETROUVEZ 2 ÉPISODES SUR LES ACTIVITÉS SCIENTIFIQUES DE NOTRE CENTRE :

DU GLACIER AU RUISSEAU :

Comment les glaciologues-alpinistes mesurent-ils les glaciers et prédisent leur fonte ?

unité ETNA

L'EAU, DE VOTRE DOUCHE À LA NATURE :

Comment l'eau qui sort de chez nous est-elle nettoyée pour être restituée à l'environnement ?

unité REVERSAAL





➤ Tourisme de montagne : la transition des stations de sport d'hiver face à la fragilité de l'enneigement

Avec le changement climatique, les perspectives d'enneigement sont de plus en plus fragiles et interrogent le devenir des stations de sport d'hiver qui en sont directement dépendantes. Une synthèse des résultats de recherche des scientifiques d'INRAE et leurs partenaires a été publiée en 2021 dans le Cahier Régional d'Occitanie des Changements Climatiques (CROCC), document de référence pour les acteurs des territoires, élaboré par le Réseau d'expertise sur les changements climatiques.

Un futur défavorable pour l'enneigement des stations de ski dans les Pyrénées.

Des scientifiques du Laboratoire Écosystèmes et Sociétés en Montagne (LESSEM), en partenariat avec le Centre d'Études de la Neige (CNRM, Météo-France/CNRS), ont modélisé les perspectives d'enneigement dans les Pyrénées pour le siècle à venir. Pour cela, ils se sont appuyés sur les observations météorologiques dans les Pyrénées depuis 1958, ont intégré les pratiques de gestion de la neige des stations de ski (damage, production de neige complémentaire, etc.) et ont pris en compte les scénarios d'évolution des émissions de gaz à effet de serre (GES) utilisés par le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC). Ils ont envisagé trois scénarios contrastés selon les scénarios RCP établis par le GIEC. Dans tous les cas, les projections indiquent une dégradation des conditions d'enneigement, irréversible pour la première moitié du siècle au vu des scénarios considérés. Cette baisse de fiabilité d'enneigement s'accompagne de l'augmentation de la fréquence des saisons les plus défavorables pour l'exploitation des stations de ski, jusqu'à atteindre 100% dès 2080 dans le cas du scénario de fortes émissions de GES.

Vers la diversification touristique dans les massifs

Dans ce contexte, la diversification des activités constitue une piste d'adaptation explorée par les stations de montagne, aux côtés de la fiabilisation de l'exploitation des domaines skiables. Les scientifiques du LESSEM ont pu observer, avec un recul de plusieurs années, que la diversification touristique dans différents massifs (Alpes, Pyrénées, Massif Central) repose essentiellement sur des activités et prestations assez similaires. Les activités de pleine nature (randonnées pédestres ou à vélo par exemple) constituent les principales activités développées. Cette diversification peut nécessiter la création d'équipements et d'infrastructures, qui demandent des investissements et donc une forte implication des pouvoirs publics dans le domaine



touristique. À l'avenir, l'objectif est de spécifier l'offre touristique dans la station, dans son territoire, en intégrant ses caractéristiques et son histoire, pour se démarquer des destinations voisines ou concurrentes. Une autre dimension concerne la capacité de la diversification touristique à générer des retombées économiques, mais également sociales et environnementales, dans une perspective de durabilité. L'enjeu pour les territoires de montagne est désormais d'amener les différents acteurs concernés à travailler collectivement sur l'identification et la mise en œuvre de la trajectoire envisagée pour le territoire.

UNITÉ LESSEM

CONTACTS SCIENTIFIQUES :

hugues.francois@inrae.fr
emmanuelle.george@inrae.fr

RÉFÉRENCE :

https://reco-occitanie.org/crocc_2021/



➤ Évaluer la pertinence écologique des Sites Naturels de Compensation

En France, les plans, programmes et projets d'aménagement du territoire sont soumis à la mise en œuvre de mesures pour limiter, et si nécessaire compenser, les impacts générés sur l'environnement et la biodiversité. Mais comment évaluer la pertinence écologique de ces projets de compensation ? Tel est l'objet du rapport Pertinence écologiques des Sites Naturels de Compensation édité en 2020 dans le cadre d'une convention entre INRAE et la Direction de l'Eau et de la Biodiversité (DEB/MTE).

Compensation à la demande ou compensation par l'offre

Inscrite dans la loi de 2016 pour la reconquête de la biodiversité, de la nature et des paysages, la séquence ERC (Éviter, Réduire, Compenser) a vocation à limiter l'impact de projets, de plans et programmes d'aménagements sur la biodiversité. Il s'agit avant tout d'éviter au maximum toute perte de biodiversité et de réduire autant que possible l'impact des projets d'aménagement sur l'environnement. Lorsque un projet occasionne des impacts résiduels significatifs sur la biodiversité qui ne peuvent être évités ou réduits, il doit proposer des mesures pour les compenser de manière (au moins) équivalente. Celles-ci consistent en des opérations de restauration écologique à proximité des impacts, dites « mesures compensatoires ». La pertinence écologique d'un certain nombre de sites et de projets de compensation dite « au cas par cas » ou « à la demande » est cependant remise en question du fait d'une efficacité et d'une pérennité parfois limités.

L'entrée en vigueur dans la réglementation française en 2016 de la compensation « par l'offre » soulève de nouvelles opportunités. Un opérateur de compensation peut dorénavant mettre en œuvre des mesures compensatoires par anticipation au sein d'un Site Naturel de Compensation (SNC). À la suite de l'évaluation du projet de SNC et d'une procédure d'agrément encadrée par l'Etat, la plus-value écologique générée donne lieu à la vente d'unités de compensation auprès d'aménageurs devant satisfaire à des obligations de compensation et impactant des habitats et des espèces similaires.

Qu'est-ce que la pertinence écologique d'un Site Naturel de Compensation ?

Dans le cadre d'une convention entre INRAE et la Direction de l'Eau et de la Biodiversité (DEB/MTE), des scientifiques du Laboratoire Écosystèmes et Sociétés en Montagne (LESSEM) ont proposé en 2020 une feuille de route méthodologique pour évaluer la pertinence écologique des projets de SNC. Ainsi un SNC peut être considéré comme écologiquement pertinent si sa stratégie de gain écologique se base sur des objectifs acceptables et que les mesures d'action et de suivi pour les atteindre sont réalistes et opérationnelles. Par ailleurs, cette stratégie doit être cohérente avec les caractéristiques intrinsèques du site d'accueil et le contexte paysager dans lequel s'insère le SNC. Enfin, le respect des principes réglementaires de la compensation constitue le fil rouge de tout projet. Pour chacune des différentes composantes identifiées ci-dessus, des critères relatifs à des besoins, des menaces et des opportunités auxquels sont soumis les projets de SNC ont été définis puis déclinés sous la forme d'une grille d'évaluation de projet. À terme, ces travaux pourraient venir appuyer les services instructeurs dans leur évaluation et cadrer les exigences écologiques devant être détaillées par les opérateurs dans leur dossier d'agrément SNC.



UNITÉ LESSEM

CONTACT SCIENTIFIQUE :

steve.aubry@inrae.fr

RÉFÉRENCE :

<https://hal.inrae.fr/hal-03101760>

➤ Développer le génie végétal dans les rivières de Guadeloupe



En Guadeloupe, les écosystèmes des berges de rivières en milieu urbain sont souvent impactés et fragilisés par des aménagements de génie civil réalisés pour protéger les biens et les personnes des risques naturels. L'artificialisation des berges pourrait toutefois être limitée ou évitée par le recours aux techniques de génie végétal, qui consistent à utiliser les végétaux dans les ouvrages de protection. Le laboratoire Écosystèmes et Sociétés en Montagne (LESSEM) est partenaire et apporte son expertise sur le génie végétal au sein du projet « PROTÉGER » qui vise à promouvoir et développer ces techniques sur les rivières de Guadeloupe.

L'artificialisation des cours d'eau de Guadeloupe

La démographie guadeloupéenne a connu une forte augmentation durant les années 1980. Avec elle, l'urbanisation et la rurbanisation n'ont cessé de croître et de nombreuses constructions ont vu le jour dans des zones à risques, en particulier aux abords des rivières. Au niveau de ces zones à risques, les berges des rivières attenantes ont alors été aménagées pour protéger les biens et les personnes. Les travaux réalisés sont variés et nombreux, le plus commun étant le confortement des berges par enrochement ou mise en œuvre de mur de gabions.

L'artificialisation des berges est donc en constante augmentation en Guadeloupe avec des conséquences néfastes sur l'équilibre de « l'écosystème rivière ». Elle dégrade ces milieux potentiellement riches en biodiversité terrestre et aquatique que représentent les berges et compromet ainsi les fonctions et services qu'elles assurent : ombrage et régulation thermique des eaux, frein des courants pendant les crues, filtrage des pollutions diffuses et maintien des berges.

PROTÉGER : projet multi-partenarial en quatre temps

Piloté par le Parc National de la Guadeloupe, en partenariat avec INRAE et l'Université des Antilles, le projet PROTÉGER s'attache à développer des techniques de génie végétal adaptées à l'exceptionnelle biodiversité locale. Il est financé par l'Office Français de la Biodiversité, l'Union européenne via son fonds européen de développement régional (FEDER) et par les 3 co-pilotes du projet.

- La première phase (2016 -2018) a consisté à étudier les ripisylves de Guadeloupe et à déterminer les espèces végétales indigènes qui participent au maintien des berges des rivières. Un ensemble d'espèces à fort potentiel pour le génie végétal a par ailleurs été défini.

- Le projet est actuellement dans sa seconde phase. Celle-ci vise à une caractérisation plus précise des espèces et de leurs caractéristiques ainsi qu'à une définition des techniques d'ingénierie écologique utilisables sur les berges des cours d'eau de Guadeloupe.

- Après avoir sélectionné une quarantaine d'espèces végétales locales, les scientifiques étudient la meilleure façon de les bouturer, de les faire germer et de les assembler en utilisant des techniques employées en métropole et en zone tropicale, mais aussi en imaginant de nouvelles.

- La dernière phase du projet consistera à former les acteurs guadeloupéens (entreprises, collectivités locales, etc.) à l'utilisation des techniques de génie végétal dans les rivières de Guadeloupe, via le développement d'une filière socio-économique dédiée. Les informations et connaissances développées au cours des premières phases en Guadeloupe seront partagées à l'échelle de la Caraïbe, soumis aux mêmes aléas climatiques, aux mêmes risques et aux mêmes problématiques d'érosion des berges.

UNITÉ LESSEM

CONTACT SCIENTIFIQUE :

andre.evette@inrae.fr

RÉFÉRENCES :

<https://genie-vegetal-caraibe.org/le-projet-proteger/>

<https://revue-set.fr/article/view/7060>





Territoires Biologie intégrative des plantes modèles et cultivés et adaptation à leur environnement



➤ MoBiDiv – PPR Cultiver et protéger autrement

Le Programme Prioritaire de Recherche «Cultiver et Protéger Autrement» répond à l'objectif du gouvernement d'accélérer le développement d'une agriculture performante et durable tout en réduisant fortement l'usage des produits phytosanitaires. C'est dans ce contexte que s'inscrit le projet MoBiDiv.



La culture en mélange de différentes variétés d'une même espèce ou de différentes espèces dans une même parcelle agricole permet d'accroître sa résistance à différents bioagresseurs : maladies fongiques, insectes, adventices (« mauvaises herbes »). Cet impact permet aux agriculteurs de réduire l'utilisation de pesticides sur les cultures en mélange. Si l'utilisation des mélanges par les agriculteurs français progresse, cette pratique reste néanmoins limitée. Ceci s'explique notamment par le fait que les variétés actuellement disponibles pour les agriculteurs ne sont pas développées pour une utilisation en mélange. Le projet MoBiDiv, axé sur le blé, le pois et les plantes fourragères, vise à mieux comprendre les effets de l'utilisation des mélanges sur la réduction de l'utilisation des pesticides et les mécanismes d'interaction entre les plantes au sein des mélanges. L'objectif est de concevoir des outils pour sélectionner des variétés spécialement adaptées à une

utilisation en mélange. MoBiDiv proposera également des outils d'aide à la décision sur le choix des mélanges pour les agriculteurs et leurs conseillers, et s'intéressera à l'utilisation des productions mélangées par l'aval de la filière (coopératives agricoles et transformateurs). Enfin, le projet étudiera des scénarios de réorganisation du secteur des semences et d'évolution des réglementations, du financement de la recherche, de la répartition des activités entre acteurs, pour permettre le développement des mélanges de semences.

UMR GAEL

CONTACT SCIENTIFIQUE :

aline.fugerey-scarbel@inrae.fr

RÉFÉRENCE :

<https://www6.inrae.fr/mobidiv>

➤ Influence de l'inhibition biologique de la nitrification par les essences forestières

Certaines essences forestières sont capables de produire des molécules spécifiques par leurs racines ou via la décomposition de leur litière. Ces molécules inhibent la nitrification dans le sol.

Ce processus, connu sous le nom d'Inhibition Biologique de la Nitrification (BNI), limite la quantité de nitrates dans le sol avec des conséquences positives sur différents services écosystémiques, comme la régulation de l'eau. Les conséquences du BNI sur les émissions de N₂O du sol, un puissant gaz à effet de serre, ainsi que sur les microorganismes responsables de la production de N₂O dans le sol, restent cependant inconnues. Les scientifiques du Laboratoire d'Ecologie Microbienne (LEM) ont démontré que les émissions in situ de N₂O et l'abondance de ces microorganismes ne sont pas nécessairement plus faibles sous des essences qui ont une

capacité de BNI. Ils soulignent par ailleurs un risque accru de lixiviation des nitrates à travers le profil du sol sous certaines espèces d'arbres ne possédant pas la capacité de BNI, comme le pin Douglas.

UMR LEM

CONTACT SCIENTIFIQUE :

alessandro.florio@univ-lyon1.fr

RÉFÉRENCE :

<https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2021.108164>

➤ Une membrane indispensable dans le grain de pollen pour la reproduction des plantes



Des scientifiques de l'UMR RDP et leurs collaborateurs ont caractérisé une nouvelle membrane dans le grain de pollen entourant les deux spermatozoïdes. Les scientifiques montrent que cette membrane est indispensable pour garantir l'intégrité de cellules reproductrices lors de leur voyage vers la fleur femelle, et former ainsi une graine viable.

Contrairement aux animaux où une seule fécondation est nécessaire pour former un embryon, les plantes à fleurs, quant à elles, réalisent une double fécondation où deux cellules reproductrices mâles fusionnent séparément et simultanément avec deux cellules reproductrices femelles. Cette double fécondation est indispensable pour former une graine viable. Ces graines fournissent la plupart de nos aliments à base de plantes et des aliments pour le bétail.

Chez les plantes à fleurs, les deux cellules reproductrices mâles (ou spermatozoïdes) ne sont pas mobiles et c'est donc le grain de pollen qui les transporte vers les parties maternelles enfouies au centre de la fleur. Dans cette nouvelle étude, une nouvelle membrane dans le grain de pollen, qui entoure les deux spermatozoïdes et qui est indispensable pour garantir l'intégrité de ces cellules reproductrices lors de leur voyage, a été caractérisée.

Une membrane clé qui révèle ses secrets... dont la présence d'une protéine « pas comme papa »

Le premier signe distinctif de cette membrane est un enrichissement en un lipide particulier chargé négativement. Sa deuxième caractéristique est la présence de la protéine NOT-LIKE-DAD ("pas comme papa" en français) qui porte une charge positive et des ancres lipidiques lui permettant de s'accrocher exclusivement à cette membrane atypique. Les scientifiques ont également montré que cette membrane entourant les deux spermatozoïdes joue un rôle clé pour le bon déroulement de la double fécondation, afin d'amener les deux cellules reproductrices au bon endroit et au bon moment.

UMR RDP

CONTACT SCIENTIFIQUE :

thomas.widiez@ens-lyon.fr

RÉFÉRENCE :

DOI : <https://doi.org/10.1083/jcb.202010077>



➤ Une bourse ERC* pour l'étude de l'acquisition de la forme chez les plantes

Olivier Hamant reçoit une bourse ERC Advanced pour le projet MUSIX, qui approfondit l'étude du rôle des forces mécaniques sur la forme des plantes.

Olivier Hamant, directeur de recherche au sein de l'UMR RDP détaille les objectifs du projet MUSIX Multiscale mechanical signaling in plants (Rôle des signaux mécaniques chez les plantes) :

«Au cours du développement, les organismes vivants changent de forme et donc aussi de structure. Les contraintes mécaniques associées affectent le comportement des cellules et donc le développement. Les plantes sont des systèmes idéaux pour étudier les implications de la perception des forces dans le développement car leur mécanique est plus simple : les cellules végétales sont soumises à une forte pression hydraulique, à laquelle résiste leur paroi.

Dans ce projet, nous proposons une approche multi-échelle, qui prend en compte la structure et la dynamique moléculaire des éléments du squelette interne de la cellule, jusqu'à l'intégration des conflits mécaniques entre cellules voisines croissant à différentes vitesses. Notre objectif est de comprendre comment les cellules intègrent ces signaux mécaniques pour créer des organes végétaux à la forme reproductible.

La principale avancée technique de MUSIX est l'introduction d'un nouveau système à haut débit pour cellules uniques dans lequel la paroi des cellules est remplacée par un cadre synthétique de géométrie, chimie et mécanique contrôlable. Ce travail a des implications importantes au-delà des sciences végétales, comme la signalisation cellulaire (comment les cellules perçoivent leur environnement), la perception du soi (comment les organes perçoivent et surveillent leur propre forme et croissance), la compensation (comment les organes gèrent les conflits mécaniques dérivés de la croissance) et la robustesse (comment les tissus gèrent les fluctuations de croissance).

*ERC : European Research council

UMR RDP

CONTACT SCIENTIFIQUE :

olivier.hamant@inrae.fr

Les mystères du charançon décryptés



Comment lutter contre le charançon des céréales, insecte ravageur le plus destructeur de céréales en champs et en silo notamment dans les pays en développement ? De nouvelles pistes émergent suite aux travaux de l'unité Biologie Fonctionnelle, Insectes et Interactions (BF2I - INRAE/INSA de Lyon) et de ses partenaires.

Le génome du charançon déchiffré

En 2021, un consortium international, impliquant INRAE et l'INSA Lyon, a déchiffré le génome du charançon des céréales, constitué de plus de 70 % de séquences répétées contre 50% chez l'Homme.

Comme de nombreux autres insectes qui se développent dans des milieux relativement pauvres en nutriments, le charançon vit en symbiose avec une bactérie mutualiste intracellulaire (*Sodalis pierantonius*), qui complète son alimentation en vitamines et acides aminés. Cette coévolution a également façonné le génome du charançon : il a développé un système immunitaire particulier pour tolérer sa bactérie symbiotique. Mais plus surprenant encore, grâce à leurs deux génomes, insecte et bactérie produisent ensemble des composés essentiels à la survie de chacun. Cette association permettrait ainsi au charançon d'accroître son potentiel invasif.

Les mystères de la métamorphose

Déjà en 2020, des chercheurs de l'unité BF2I avaient découvert comment les charançons conservent et réutilisent favorablement leurs bactéries symbiotiques pour leur développement. Les résultats de leur étude, publiée dans la revue PNAS, montrent que cette réorganisation morphologique et spatiale de la symbiose à la métamorphose repose sur

un dialogue moléculaire complexe entre les bactéries et l'insecte, et sur un changement comportemental et physiologique des deux partenaires associés. L'équipe de recherche a ainsi montré que la quantité de bactéries est ajustée en fonction des besoins physiologiques de l'insecte.

Contrôler l'insecte ravageur en ciblant sa bactérie symbiotique

Le charançon est un important ravageur de cultures. En terme de protection des plantes et des stocks céréaliers, la compréhension des interactions entre le charançon des céréales et sa bactérie symbiotique à l'étape critique de la métamorphose permet d'envisager de cibler spécifiquement ce processus de « réinstallation » symbiotique. Ces résultats de recherche ouvrent de nouvelles perspectives de lutte contre ces insectes ravageurs en ciblant la symbiose entre l'insecte et sa bactérie.

UMR BF2I

CONTACTS SCIENTIFIQUES :

nicolas.pariset@insa-lyon.fr
rita.rebollo@inrae.fr
abdelaziz.heddi@inrae.fr

RÉFÉRENCES :

<https://doi.org/10.1186/s12915-021-01158-2>
<https://www.pnas.org/doi/10.1073/pnas.2007151117>



LIPANG : une plateforme d'analyse des lipides unique en France

Au sein du Laboratoire Physiologie Cellulaire et Végétale (CEA, CNRS, INRAE, UGA), l'équipe LIPID étudie le métabolisme carboné chez les organismes photosynthétiques (algues et plantes). Objectif ? Comprendre et maîtriser la production des lipides par ces organismes pour des secteurs allant des bioénergies à la chimie verte ou la santé. Elle utilise pour cela LIPANG (Lipid Analysis in Grenoble), une plateforme d'analyse des lipides, également ouverte à des collaborations aussi bien académiques qu'industrielles.

L'accès aux plateformes analytiques est un enjeu majeur pour les recherches fondamentales et appliquées qui utilisent le vivant comme matière d'étude. Les technologies dans les domaines de la génomique et de la protéomique ont été développées par de nombreux laboratoires et entreprises et sont devenues aujourd'hui accessibles financièrement grâce à l'existence de nombreuses plateformes. En revanche, l'analyse lipidomique (ou l'analyse des lipides), nécessaire pour la compréhension de voies métaboliques extrêmement complexes, requiert de nouvelles méthodes et expertises.

La plateforme LIPANG permet d'offrir un service analytique en lipidomique unique en France voire en Europe, qui intègre des équipements, des savoir-faire et des expertises d'excellence. Initialement plateau technique d'analyse lipidomique, LIPANG est depuis 2020 une plateforme ouverte qui combine des technologies historiques au laboratoire (la chromatographie sur couche mince [CCM] et la chromatographie gazeuse

couplée à de la spectrométrie de masse et à de la détection par ionisation de flamme [GC-MS-FID]) à des technologies plus récentes de spectrométrie de masse de type trappe ionique ou de type triple quadrupole couplée à de la chromatographie liquide. Les méthodes développées permettent ainsi de répondre aussi bien aux besoins en quantification d'acide gras et de glycérolipides qu'aux demandes allant de l'extraction de lipides à l'établissement de glycérolipidomes.

UMR LPCV

CONTACT SCIENTIFIQUE :

juliette.jouhet@cea.fr

RÉFÉRENCE :

<http://www.cea.fr/drf/irig/Plateformes/Lipang>



Nutrition humaine complexité alimentaire et santé



➤ Les produits laitiers, nos alliés santé

En région Auvergne-Rhône-Alpes, les chercheurs INRAE de l'UMR CarMen (Université Lyon 1, INRAE, Inserm, Insa de Lyon) s'intéressent tout particulièrement à l'impact santé des produits laitiers dans une optique de prévention des maladies métaboliques par la mise au point de nouvelles stratégies nutritionnelles.

Le lait et les produits laitiers contiennent une très grande variété de lipides. Parmi eux, les lipides polaires, qui représentent environ 2 % de lipides du lait, et qui entourent les gouttelettes de triglycérides. On les retrouve en plus grande quantité dans le babeurre (de 1 à 10 g/litre environ), ce liquide blanc issu du lait après le barattage de la crème dans la préparation du beurre. Des études chez l'animal, incluant celles menées par les chercheurs INRAE, ont montré que ces lipides polaires d'origine laitière ont des effets bénéfiques sur la régulation du taux de cholestérol dans le sang et sur le métabolisme des lipides, notamment dans les heures qui suivent la consommation.

Un consortium de chercheurs et de chercheuses des deux centres INRAE d'Auvergne-Rhône-Alpes et leurs partenaires a donc voulu étudier l'impact de la consommation de produits laitiers enrichis en lipides polaires chez des personnes à risque de développer une maladie cardiovasculaire. Cette étude clinique, pilotée par les Hospices Civils de Lyon, s'est intéressée aux femmes ménopausées et en surpoids, dont on sait que

la mortalité cardiovasculaire est particulièrement élevée. Après un mois de consommation d'un fromage à tartiner enrichi en lipides polaires, les chercheurs ont observé une diminution cliniquement significative de leurs taux de LDL-cholestérol, de triglycérides et d'autres marqueurs importants du risque cardiovasculaire. Cela signifie que leur risque de développer un problème cardiovasculaire a été diminué.

Ces résultats pourraient être à la base de nouvelles stratégies nutritionnelles pour diminuer des facteurs de risque cardiovasculaire chez certaines populations exposées, et devront être testés chez d'autres populations à risque pour confirmer leur rôle en prévention primaire nutritionnelle.



UMR CARMEN

CONTACT SCIENTIFIQUE :

marie-caroline.michalski@inrae.fr

RÉFÉRENCE :

<http://dx.doi.org/10.1136/gutjnl-2018-318155>



L'alimentation durable hors domicile : objet de recherche pour INRAE et l'Institut Paul Bocuse

En 2021, INRAE et l'Institut Paul Bocuse ont signé leur premier accord de coopération qui vient officialiser et renforcer des liens existant depuis 2010. À travers son Centre de recherche, dispositif unique au sein des écoles supérieures d'hôtellerie-restauration, l'Institut Paul Bocuse et INRAE souhaitent travailler ensemble sur le thème de la restauration hors domicile.

À travers des projets de recherche commun et avec l'appui du dispositif unique de restaurant expérimental de l'Institut Paul Bocuse, les deux instituts ont décidé conjointement de mettre l'accent sur des études autour des comportements de consommateurs, des propriétés sensorielles et nutritionnelles des repas ou encore des déterminants de choix alimentaire hors domicile. Les travaux communs ont pour objectif d'améliorer tant la compréhension fine des pratiques des consommateurs,

que la connaissance des procédures et préoccupations des acteurs de la restauration dans un souci de qualité et durabilité de l'alimentation hors domicile.



Agroécologie des systèmes d'élevage herbagers, qualité des produits et santé animale



➤ Développement du cerveau : rôle de l'hormone thyroïdienne dans les principaux neurones inhibiteurs du cerveau



L'hormone thyroïdienne est essentielle au développement du cerveau. Elle agit par l'intermédiaire de récepteurs qui se fixent sur l'ADN et régulent l'expression de nombreux gènes. Cependant, les mécanismes d'action de cette hormone au cours du développement du cerveau restent mal connus. En étudiant des souris génétiquement modifiées, nous avons démontré que les neurones GABAergiques, principaux neurones inhibiteurs du cerveau, sont une cible majeure de l'hormone thyroïdienne au cours du développement. L'inactivation de la signalisation thyroïdienne dans ces neurones induit des défauts de développement profonds ainsi que des crises d'épilepsie. En utilisant des méthodes de séquençage haut-débit, nous avons établi une liste de gènes-cibles de l'hormone dans les neurones GABAergiques. Ces résultats améliorent notre connaissance du développement des neurones GABAergiques, qui

sont impliqués dans des pathologies telles que l'autisme ou l'épilepsie. De plus, la connaissance des gènes-cibles de l'hormone thyroïdienne dans ces neurones en développement peut désormais être utilisée pour mettre au point des tests visant à évaluer les effets de molécules suspectées d'être des perturbateurs thyroïdiens.

USC IGFL

CONTACT SCIENTIFIQUE :

sabine.richard@ens-lyon.fr

RÉFÉRENCE :

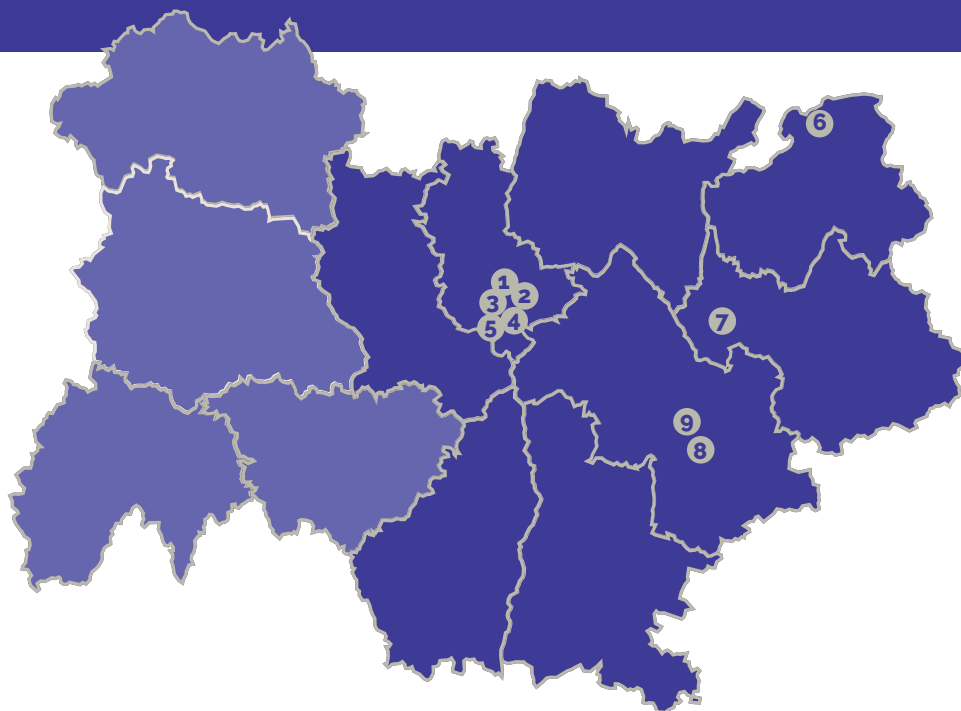
<https://doi.org/10.1016/j.jisci.2020.100899>

Carte d'identité du Centre, nos partenaires et chiffres clés



NOS IMPLANTATIONS

1. La Doua
2. Bron
3. Marcy-l'Étoile
4. Gerland
5. Lyon-Sud
6. Thonon-les-Bains
7. Chambéry
8. Saint-Martin-d'Hères
9. Grenoble Presqu'île scientifique



LISTE DE NOS UNITÉS

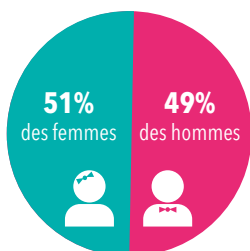
- ▶ **BF2I** - Biologie Fonctionnelle, Insectes et Interactions (UMR) - INRAE / INSA
- ▶ **CARMEN** - Cardiovasculaire, Métabolisme, Diabétologie et Nutrition (UMR) - INRAE / INSA / INSERM / UCBL
- ▶ **CARTEL** - Centre Alpin de Recherche sur les Réseaux Trophiques des Écosystèmes Limniques (UMR) - INRAE / USMB
- ▶ **CASPER** - Caractérisation et Suivi des Phénomènes d'Évolution de Résistance aux pesticides (USC) - INRAE / ANSES
- ▶ **CCSD** - Centre pour la Communication Scientifique Directe (UMS) - INRAE / CNRS / Inria / UDL
- ▶ **ETNA** - Érosion Torrentielle, Neige et Avalanches (UPR) - INRAE
- ▶ **GAEL** - Laboratoire d'Économie Appliquée de Grenoble (UMR) - INRAE / CNRS / Grenoble INP / UGA
- ▶ **GESTE** - Gestion Territoriale de l'Eau et de l'Environnement (UMR) - INRAE / ENGEE
- ▶ **IGFL** - Institut de Génétique Fonctionnelle de Lyon (USC) - INRAE / CNRS / ENS / UCBL
- ▶ **IVPC** - Infections Virales et Pathologie Comparée (UMR) - INRAE / EPHE / UCBL
- ▶ **LEHNA** - Laboratoire d'Écologie des Hydrosystèmes Naturels et Anthropisés (USC) - INRAE / Université Lyon 1 / CNRS
- ▶ **LEM** - Écologie Microbienne Lyon (UMR) - INRAE / CNRS / Inria / UCBL / VetAgroSup
- ▶ **LESSEM** - Laboratoire des Écosystèmes et Sociétés En Montagne (UPR) - INRAE
- ▶ **LPCV** - Laboratoire Physiologie Cellulaire & Végétale (UMR) - INRAE / CEA / CNRS / UGA
- ▶ **OSUG** - Observatoire des Sciences de l'Univers de Grenoble (UMS) - INRAE / CNRS / IRD / Météo France / UGA
- ▶ **PAVAL** - Pathogénèse et Vaccinations Lentivirales (USC) - INRAE / UGA
- ▶ **RDP** - Reproduction et Développement des Plantes (UMR) - INRAE / CNRS / ENS / Inria / UCBL
- ▶ **REVERSAAL** - Réduire, réutiliser, valoriser les ressources des eaux résiduaires (UPR) - INRAE
- ▶ **RiverLy** - Fonctionnement des hydrosystèmes (UPR) - INRAE
- ▶ **RS2GP** - Rongeurs Sauvages, Risques Sanitaires et Gestion des Populations (USC) - INRAE / VetAgro Sup
- ▶ **SBRI** - Cellule Souche et Cerveau (USC) - INRAE / INSERM / UCBL
- ▶ **SDAR** - unité des services d'appui

CHIFFRES CLÉS 2021



Activité :

- ▶ 37 brevets actifs dont 2 dépôts en 2021
- ▶ 820 contrats ouverts
- ▶ 350 publications annuelles dans des revues à comité de lecture
- ▶ 3 000 h d'enseignement dispensées



Ressources Humaines :

- ▶ 335 titulaires
 - ▶ 175 contractuels INRAE
 - ▶ 147 doctorants et doctorantes (dont 60 contractuels INRAE)
-
- ▶ 478 personnels partenaires



Budget :

- ▶ 13,54 M€ dont 10,71 M€ de recettes contractuelles

NOS PRINCIPAUX PARTENAIRES ACADÉMIQUES



Université Claude Bernard



Direction de la publication : Pascal Boistard, président du Centre
 Comité de rédaction : Service communication du Centre - Service presse national
 Conception graphique : TUK-TUK
 Date de publication : Octobre 2022
 Crédits photos : INRAE ; Aymeric Dabrin ; Maxence Forcellini ; Adobe Stock ; pixabay
 Photo couverture : Yoann Paillet (2014)



Centre Lyon-Grenoble Auvergne-Rhône-Alpes

5 rue de la Doua - CS 20244

69625 Villeurbanne Cedex

Tél. : +33 4 72 20 87 87

Rejoignez-nous sur :



site internet national ou site internet du centre

**Institut national de recherche pour
l'agriculture, l'alimentation et l'environnement**



**RÉPUBLIQUE
FRANÇAISE**

*Liberté
Égalité
Fraternité*

INRAE