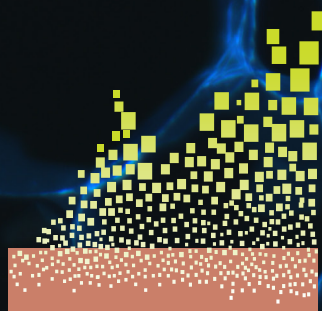




# FARE

## Fractionnement des AgroRessources et Environnement

RAPPORT D'ACTIVITÉ 2024

**INRAE**

  
UNIVERSITÉ  
DE REIMS  
CHAMPAGNE-ARDENNE



# SOMMAIRE

|                              |    |
|------------------------------|----|
| Le mot du Directeur          | 3  |
| Présentation de l'Unité      | 4  |
| Événements Marquants         | 6  |
| Communications Scientifiques | 8  |
| Projets de Recherche         | 14 |
| Promotions & Prix            | 18 |
| Soutenances de Thèse         | 20 |
| Nouveaux Arrivants           | 22 |

# ÉDITO

**Gabriel PAËS**  
Directeur d'Unité



C'est avec un grand plaisir que j'écris l'édito du premier rapport annuel de l'UMR Fractionnement des AgroRessources et Environnement. Pourquoi un rapport annuel ? Bien sûr, il existe des rapports quinquennaux (très formels) réalisés lors de l'évaluation des laboratoires de recherche, et la plupart des projets en diffusent également. Avec ce rapport annuel, nous voulons présenter nos travaux, nos dynamiques et nos réussites à une fréquence plus adaptée, afin que différents acteurs en prennent connaissance : nos pairs dans la recherche académique, mais aussi nos financeurs, nos partenaires socio-économiques et agricoles, ainsi que toutes les personnes qui s'intéressent au fonctionnement et aux réalisations d'un laboratoire de la recherche publique.

Pour FARE, 2024 aura été une année pleine de contrastes : une grande réussite avec de nombreux projets d'envergure menés en coordination et en partenariat, mais aussi la préparation de notre déménagement qui a débuté en 2025, mobilisant beaucoup d'énergie de tous les agents et apportant son lot de difficultés. Mais surtout, 2024 aura été marquée par le lancement officiel de notre projet d'Unité sur la période 2024-2028 avec un séminaire organisé dans un superbe cadre, près du lac de la Forêt d'Orient dans l'Aube. Cela a été l'occasion de réunir exceptionnellement (presque) tous les agents titulaires et non-titulaires de FARE, afin de discuter de nos orientations scientifiques et techniques, de notre gouvernance, et de l'importance du rôle de chacune et chacun dans le dispositif de recherche pour la réussite de notre projet collectif. La bonne humeur autour des animations sportives (jusqu'à la danse !) a permis de renforcer nos liens et d'associer tous les membres de l'Unité, indépendamment de leur statut, à ces discussions essentielles. Ce rapport représente ainsi une vitrine de nos activités de recherche, dont nous sommes fiers et que nous souhaitons mettre en avant, dans toutes leurs dimensions. Je tiens à remercier sincèrement les personnes du Groupe Communication de FARE qui ont façonné et alimenté le contenu de ce rapport annuel grâce à l'assistance de nos collègues. J'espère que vous prendrez autant de plaisir à le lire que nous avons eu de satisfaction à le préparer ! Bonne lecture.



# L'UNITÉ

Face à l'urgence climatique (augmentation des émissions de gaz à effet de serre contribuant à la modification des températures qui mènent à un bouleversement des grands flux atmosphériques et océaniques) et environnementale (pollution et destruction des écosystèmes, perte de biodiversité), les Humains font probablement face à l'un des plus grands défis de leur histoire, qui menace leur propre survie à moyen terme. Au-delà de l'évidente remise en question des fondements de nos sociétés occidentales, en termes de fonctionnement économique, de consommation et de mode de vie, l'avenir appelle à une sobriété à tous les niveaux. Le dernier siècle et demi, qui s'est basé sur une énergie bon marché, décuplant la productivité de l'appareil industriel, utilisait une économie du carbone fossile dont la fin de la disponibilité approche. Il est donc urgent de développer un nouveau paradigme économique, basé sur des ressources renouvelables à l'échelle humaine et dont l'utilisation n'impacte pas notre environnement. La bioéconomie, c'est l'économie basée sur la photosynthèse et plus largement du vivant, si elle est menée dans des conditions de soutenabilité, notamment en suivant le principe de circularité, peut contribuer à cette évolution.



Les objectifs et ambitions de l'Unité Mixte de Recherche Fractionnement des AgroRessources et Environnement (FARE) sont d'être un acteur significatif dans l'essor de la bioéconomie : par nos recherches sur la valorisation et l'utilisation des ressources lignocellulosiques issues des plantes pour l'énergie, la chimie, les matériaux et l'environnement, nous contribuons à répondre aux enjeux de l'environnement, de l'agriculture et de leur soutenabilité. Notre mission est de travailler sur trois points clés de la transformation des biomasses végétales lignocellulosiques, pour des usages non alimentaires :

- la dégradation au champ de ces biomasses lignocellulosiques (résidus de culture, litières végétales) par les micro-organismes du sol, pour assurer le maintien de sa fertilité et favoriser les services écosystémiques, garants d'une production agricole durable (gestion des intrants, cycles du carbone et de l'azote, ...) ;
- le fractionnement par des procédés biotechnologiques enzymatiques ou microbiens des lignocelluloses, pour la production de molécules d'intérêt pour la chimie et l'énergie,

en respectant les principes d'une chimie verte (bioéthanol de deuxième génération, molécules tensio-actives à base de sucres, ...) ;

- l'utilisation de fibres et de polymères agrosourcés, pour la réalisation de matériaux nanostructurés innovants, aux propriétés optiques inédites (films et revêtements de protection) et de matériaux composites aux performances d'usage et environnementale particulièrement favorables (légèreté, recyclabilité, biodégradabilité, ...).



FARE emploie des agents INRAE des départements Transform et AgroEcoSystem, ainsi que des personnels de l'Université de Reims Champagne-Ardenne (URCA). Les surfaces occupées par ses laboratoires sont d'environ 1800 m<sup>2</sup> sur 2 sites proches, dans la zone d'activité Farman à l'Est de Reims :

le Centre de Recherche en Environnement et Agronomie (CREA), qui est un bâtiment de la ville de Reims, et le Bâtiment 18 Europol'Agro, sur le campus du Moulin de la Housse de l'URCA.





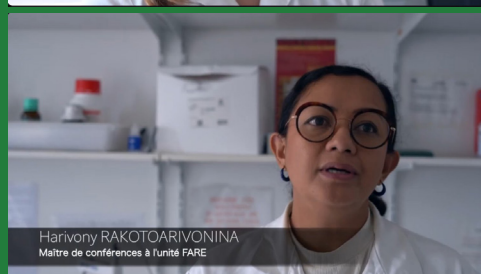
# ÉVÉNEMENTS MARQUANTS

## Pot de départ en retraite de Brigitte Chabbert : un grand moment d'émotion !

Sous un beau soleil rémois, plus de 50 personnes se sont réunies pour célébrer le départ en retraite de Brigitte Chabbert (chargée de recherche INRAE).

Directeurs d'unité, collègues et collaborateurs venus de toute la France (Lille, Orléans, Versailles...) ont salué son parcours exemplaire, marqué par ses travaux sur la structure des parois lignocellulosiques et le rôle de la lignine.

Brigitte a retracé son parcours – de Bordeaux à Grignon, puis Reims – et a tenu à remercier l'ensemble de ses collaborateurs, soulignant l'importance du travail collectif et de la transmission aux jeunes chercheurs.



## Vidéo des activités de FARE : «Du champ au laboratoire : que faire de nos résidus de culture ?»

Ce reportage a été réalisé dans le cadre de la série «Science en résidence», projet du service communication de l'URCA, qui vise à présenter les activités et les travaux des chercheurs de l'URCA, en collaboration avec le Café des Sciences, Accustica et la communauté urbaine du Grand Reims.

Le tournage, mené par Gauthier Delplace de GEOSPOIL, a eu lieu dans nos laboratoires. Vous y découvrirez toutes nos activités de recherche, en lien avec la bioéconomie, grâce à la participation de nombreux agents.

Voir la vidéo : <https://www.youtube.com/watch?v=WVSOKhOqAyo>



## Participation de FARE à la fête de la science

FARE a participé à la fête de la science 2024 de Reims. Durant cet événement, nous avons pris part aux animations scientifiques tant attendues par les amateurs et érudits de sciences. À cette occasion, l'UMR a présenté, autour d'un stand au village des sciences de Reims (campus Moulin De La Housse), des animations sur les thèmes des agro-matériaux biosourcés et de la déconstruction biologique et physique de la biomasse lignocellulosique. Ces animations ont été réalisées à l'aide d'explications illustrées par du matériel de laboratoire, de projections d'images, et d'observations au microscope.

5 AVRIL

7 JUIN

27 &amp; 28 JUIN

23 SEPTEMBRE

1 &amp; 2 OCTOBRE

18 OCTOBRE

## Les métiers de la recherche à l'honneur !

Dans la série de vidéos « Science en résidence », Marie Treibert de « La boîte à curiosité » a visité plusieurs laboratoires de l'URCA, dont l'UMR FARE.

Ainsi, trois de nos collègues ont eu l'opportunité de présenter leurs métiers et leurs activités du quotidien : Harivony qui est maître de conférence en microbiologie, Juliette technicienne de recherche en biochimie et Julien, doctorant en biotechnologies. Découvrez leurs témoignage dans cette vidéo ! (à partir de 9 min 48 s).

Voir la vidéo :

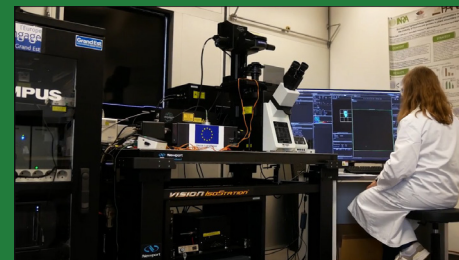
<https://www.youtube.com/watch?v=s9G3AuF-QB0>



## Séminaire de lancement du projet d'Unité de FARE

Toute l'équipe du laboratoire s'est retrouvée pour 2 jours de séminaire, près du lac de la Forêt d'Orient dans l'Aube, dédiés au lancement du projet d'Unité pour la période 2024-2028.

Plusieurs ateliers ont été organisés pour discuter de notre identité, et réfléchir à la trajectoire du projet d'Unité. Toutes les personnes présentes ont activement contribué aux réflexions, et une grande richesse de propositions a été faite. Les activités festives n'ont pas été en reste avec des Olympiades ludiques, qui ont permis de tester l'agilité de nos collègues, tandis qu'une balade nature avec un guide nous a permis de découvrir la faune et la flore autour du lac. Deux jours de séminaire bien remplis, qui en appellent d'autres dans le futur.



## Journée « Fonctionnalisation des fibres et polymères et Formulation de matériaux biosourcés »

Les 1er et 2 octobre 2024, l'UMR FARE a accueilli la journée thématique du GDR DUMBIO (CNRS/INRAE) consacrée à la fonctionnalisation des fibres et polymères et à la formulation de matériaux biosourcés.

Coorganisé avec le pôle Bioeconomy for Change (B4C) et soutenu par plusieurs partenaires institutionnels et industriels, l'événement a réuni 80 participants du monde académique et industriel.

Cette rencontre a permis d'échanger sur les procédés clés favorisant le développement des matériaux biosourcés et de renforcer les collaborations entre les communautés « Biomolécules » et « Matériaux biosourcés ».

Organisateurs : Dr.Véronique Aguié-Béghin – Pr.Trystan Domenech





# COMMUNICATIONS SCIENTIFIQUES

## RÉSUMÉ EN CHIFFRES

**24 articles** avec comité de lecture (ACL)  
**71%** des ACL dans le premier quartile de classement des publications  
**44%** des ACL en open access  
**33%** des ACL en collaboration internationale

**1,6 article par ETP publiant** (chercheurs, enseignants-chercheurs, ingénieurs de recherche)

**HAL : 58 dépôts** (publications, communications, rapports)

**1 Highly Cited Paper 2024 (WoS) :**  
<https://doi.org/10.1111/gcb.17034>

### 17 au 21 mars – 2 doctorants de FARE participent au congrès de l'ACS en Louisiane !

Le congrès de printemps de l'American Chemical Society s'est tenu du 17 au 21 mars 2024 à la Nouvelle-Orléans, réunissant des milliers de chercheurs internationaux. Nos doctorants Edwige Audibert et Julien du Pasquier y ont représenté le laboratoire en présentant chacun un poster et une communication orale dans la division « Advances in Biomass-Derived Fuels and Chemicals ». Edwige a présenté ses travaux sur la caractérisation de biomasse traitée par explosion à la vapeur et la production de bioéthanol. Julien a exposé un ensemble de données ouvert sur le prétraitement acide du peuplier et son exploitation pour la modélisation et les bilans de matière. Ce congrès a offert à nos doctorants une occasion unique de valoriser leurs recherches dans un cadre scientifique international prestigieux.

### 21 mai - Evolution globale des espèces chimiques au cours du prétraitement de la biomasse à l'acide dilué

Afin d'optimiser la valorisation de la biomasse lignocellulosique en bioraffinerie, une large base de données de prétraitement à l'acide dilué (DAP) a été analysée pour comprendre l'évolution chimique des composés et leurs interactions. L'étude porte sur 38 échantillons soumis à des conditions variées (2–60 min, 120–190 °C, 0–4 %  $H_2SO_4$ ) et à des facteurs de sévérité (CSF) de 0 à 4, permettant de proposer des cinétiques de dégradation des sucres C5 et C6. Les équations obtenues et le schéma réactionnel complet sont mis à disposition de la communauté scientifique afin d'aider au choix des conditions de prétraitement. Il ressort que des CSF de 2,0 à 2,5 sont idéales pour l'hydrolyse enzymatique, tandis qu'une CSF proche de 3 favorise la production de furfural. Au-delà d'une CSF de 3, des pertes significatives de polysaccharides sont observées, illustrant l'importance du contrôle des conditions de prétraitement.

### 11 juillet – Un postdoctorant de FARE participe aux journées de l'électrochimie à Saint-Malo

«Les Journées d'Électrochimie» est un congrès scientifique bisannuel organisé sous l'égide de la subdivision électrochimie de la Société Chimique de France, elle a eu lieu à Saint-Malo du 1er au 05 juillet 2024. Cette manifestation réunit la communauté des électrochimistes francophones et, par-delà, les chercheurs en électrochimie des pays de la francophonie, pour faire le point sur les avancées majeures du domaine. Vlastislav Mishyn, post-doctorant à FARE et recruté dans le cadre du projet ANR VALBIOELEC piloté par Sofiene Abdellaoui, a présenté ses derniers travaux sur l'utilisation de l'électrogénération du peroxyde d'hydrogène générée pour des applications bioélectrochimiques impliquant les peroxydases.

### 10 juin – Séminaire commun sur la bioéconomie entre FARE et REGARDS

La bioéconomie, qui repose sur la valorisation durable de la biomasse, propose une vision économique innovante et respectueuse de l'environnement. Dans ce cadre, notre laboratoire et le Laboratoire d'Économie et Gestion de Reims (équipe REGARDS) ont organisé un séminaire commun le 24 juin pour partager leurs approches et envisager des collaborations renforcées. Plus de 40 participants ont échangé sur leurs thématiques de recherche et les produits issus de la biomasse. Malgré des langages disciplinaires différents, les discussions ont été riches. Elles ont permis d'identifier des besoins communs et des pistes de travail pour approfondir une coopération déjà bien engagée.

### 5 au 7 juin – Deux doctorants de FARE participent au congrès RRB à Bruxelles

La 20e édition de la Conférence internationale sur les ressources renouvelables et les bioraffineries s'est tenue à Bruxelles (Belgique) du 05 juin au 07 juin 2024. Edwige Audibert, en 3e année de thèse CIFRE avec la société Européenne de Biomasse, a présenté un poster intitulé : « Particle boards from steam exploded wood fibers: Impact of thermal treatment on mechanical and hygroscopic properties ». Son collègue Thomas Peyrache, également en dernière année de thèse, a donné une communication orale : « Enzymatic and sonochemical processing to tailor the surface and functional properties of flax fibers ». Grâce à la qualité de sa prestation, il a remporté le 3e prix PhD Talks décerné par la Royal Society of Chemistry, un grand bravo à lui !

# COMMUNICATIONS SCIENTIFIQUES

## 17 juillet – Une approche d'imagerie originale pour suivre l'action d'enzymes oxydatives à l'échelle cellulaire

Les enzymes oxydatives jouent un rôle clé dans la dégradation de la biomasse lignocellulosique, mais leurs actions sont difficiles à observer directement dans les cellules. Dans le cadre de la thèse d'Amandine Leroy, une méthode d'imagerie par spectrométrie de masse (MALDI-MSI) a été développée pour visualiser à l'échelle cellulaire les oligosaccharides oxydés produits par une enzyme LPMO sur des tissus de tiges de maïs. Cette approche a permis de cartographier l'action ciblée de la LPMO selon la composition et l'organisation des parois cellulaires. Elle offre de nouvelles perspectives pour analyser les synergies enzymatiques et optimiser les cocktails d'enzymes destinés à la déconstruction de la biomasse. Ce travail a été réalisé en collaboration entre plusieurs laboratoires et cofinancé par la Région Grand Est et le Grand Reims.

## 27 au 29 août – Participation de FARE aux 14<sup>ème</sup> journées du RFP à Saint-Malo

Les journées du Réseau Francophone des Parois (JRFP) rassemblent tous les 2 ans les acteurs académiques travaillant sur les parois végétales, au niveau de leur biosynthèse, leur caractérisation ou leur valorisation, le congrès est donc par définition transdisciplinaire. Ces journées se sont tenues à Saint-Malo du 27 au 29 août 2024, organisées par l'Unité BIA d'INRAE à Nantes. Notre Unité était cette année très bien représentée avec plusieurs interventions :

- Rôle de l'eau dans la structuration et le comportement hygroscopique d'assemblages lignocellulosiques, par Anouck Habrant (communication orale)
- 4D quantification pipeline to characterize plant cell wall enzymatic hydrolysis in highly deconstructed samples, par Solmaz Hossein (communication orale)
- Spatio-temporal analysis of the spruce tree cell wall enzymatic hydrolysis, par Khadija Ould Amer (communication orale)
- Biomodlab: towards a digital twin of plant cell wall deconstruction, par Yassin Refahi (poster)

Cerise sur le gâteau, notre Unité a remporté le droit d'organiser l'édition 2028 des JRFP à Reims, à la suite de nos collègues toulousains qui géreront l'édition 2026 !

## 9 septembre - Mise en place de co-cultures interdomaines améliorant la dégradation de la lignocellulose

Les co-cultures associant champignons et bactéries améliorent fortement la dégradation de la lignocellulose, notamment de l'hémicellulose, grâce à des activités enzymatiques synergiques et à la surexpression de gènes clés. Cette étude visait à développer des co-cultures inter-domaines à fort potentiel de valorisation des coproduits agricoles, en combinant bioinformatique, enzymologie et transcriptomique. *Trichoderma reesei* QM6a a été associé à trois bactéries, avec des résultats particulièrement prometteurs pour la co-culture avec *Streptomyces coelicolor* A3(2), qui a montré des activités xylanase et peroxydase élevées. Les analyses ATR-FTIR ont confirmé une dégradation accrue des hémicelluloses, tandis que la transcriptomique a révélé une surexpression ciblée de gènes CAZyme chez *S. coelicolor*. L'ensemble des résultats démontre l'intérêt technologique des co-cultures pour optimiser la production de bioproduits issus de biomasse.

## 9 octobre - Un post-doctorant de FARE participe à l'école d'été SUITMA sur les sols anthropiques

L'Institute of Ecology and Environmental Sciences (IEES-Paris) a organisé une école d'été du 8 au 13 septembre 2024 à l'IRD de Bondy (région Parisienne) sur les sciences du sol à l'ère anthropocène (de 5000 av. notre ère à nos jours). Cette école d'été a été organisée pour faire suite au 12<sup>ème</sup> congrès SUITMA (Soils of Urban, Industrial, Traffic, Mining and Military Areas) sur les sols anthropiques. Tom Künnemann, postdoctorant à FARE et recruté dans le cadre du projet SAGES (Sols urbains : quantification des émissions de Gaz à Effet de Serre et des pertes par lixiviation) financé par l'ADEME, a présenté ses derniers travaux. Il étudie la décomposition de litières végétales provenant d'espaces verts urbains dans les sols urbains et réalise les mesures d'émissions de protoxyde d'azote ( $N_2O$ , puissant gaz à effet de serre) associées.

## 8 octobre - Etude du potentiel bioélectro-lignocellulolytique de souches microbiennes

La biomasse lignocellulosique (LCB), renouvelable et biodégradable, suscite un intérêt croissant, et cette étude examine les capacités lignocellulolytiques et électrogéniques de *Shewanella oneidensis* MR-1, *Cellulomonas fimi* et *Cellulomonas biazotea*. Deux approches ont été testées : la dégradation en culture liquide et sous forme de biofilm électroactif. Les analyses bioinformatiques ont confirmé le fort potentiel des souches de *Cellulomonas*, riches en CAZymes, pour dégrader la LCB. Les tests ont montré une meilleure croissance sur son de blé que sur paille, ainsi qu'une activité laccase notable, particulièrement chez *C. biazotea* (11,66 UI). Enfin, la formation de biofilms électrogènes a été validée, générant jusqu'à 14,92 mA/m<sup>2</sup> sur anode en présence de son de blé.

## 2 octobre – FARE participe au comité d'organisation de la conférence ISADAE

L'International Conference on the Impacts of Soil Amendments on Dryland Agro-Ecosystems qui s'est déroulée à Reims du 28 au 30 octobre 2024. Elle vise à rassembler des scientifiques et des chercheurs spécialisés dans les sciences du sol, en agronomie et en sciences de l'environnement dans les zones arides. La conférence sera l'occasion d'échanger sur les dernières recherches et développements en matière de pratiques de gestion des sols et de leurs impacts sur les agro-écosystèmes des zones arides. Elle cherche également à renforcer la coopération internationale dans l'élaboration de stratégies et de projets pour une gestion durable des sols dans ces agro-écosystèmes.

# COMMUNICATIONS SCIENTIFIQUES

## 14 octobre - FARE présente au 18ème congrès de la Société Européenne d'Agronomie (ESA) à Rennes

Organisé par l'Institut Agro Rennes-Angers, en collaboration avec INRAE, le 18ème congrès de la Société européenne d'agronomie a eu lieu à Rennes du 26 au 30 août 2024. Il a été dédié aux synergies entre disciplines, technologies, objectifs à court et long terme et entre chercheurs, agriculteurs et société. Abderrahim BOUHENACHE, doctorant à FARE, a fait une présentation orale sur les premiers résultats de sa thèse : « Impact du changement climatique sur la productivité du maïs et l'utilisation de l'azote dans les tropiques subhumides : un cas d'étude au champ sous événement de pluie extrêmes au Zimbabwe ».

## 16 octobre - Effets des espèces de vers de terre sur les transformations de la matière organique du sol

Pour mieux comprendre le rôle des vers de terre dans la dégradation des litières végétales, cette étude a évalué l'impact de six espèces sur la structure du sol, la dynamique du carbone et de l'azote, ainsi que sur la communauté microbienne. Les essais réalisés dans des colonnes de sol avec litière de luzerne sur six semaines ont montré une grande diversité de comportements en matière de bioturbation, certaines espèces comme *Lumbricus terrestris*, *Microscolex dubius* et *Octodrilus complanatus* améliorant notamment l'humidité et les nutriments du sol. Cependant, les effets sur la transformation de la matière organique ne correspondaient pas toujours aux niveaux de bioturbation ni aux catégories écologiques des espèces. Ces résultats révèlent que la contribution des vers de terre au cycle du carbone et de l'azote ne dépend que partiellement de leur activité de bioturbation. Ils soulignent l'intérêt de définir des groupes fonctionnels spécifiques aux processus du sol, au-delà des classifications écologiques classiques.

## 18 octobre - Les scientifiques de FARE en force au congrès Lignobiotech à Toulouse !

La 7ème édition du congrès Lignobiotech, initié à Reims en 2010, s'est tenue du 14 au 17 octobre 2024 à Toulouse, réunissant plus d'une centaine de participants du monde entier autour de la bioconversion et de la valorisation de la lignocellulose. Huit membres de notre laboratoire y ont présenté leurs travaux couvrant des thématiques clés telles que la dégradation des parois végétales, la production de biomolécules, l'électro-raffinage de la lignine ou encore l'utilisation de lignines techniques pour la production de bioplastiques. Les interventions ont mis en lumière des avancées en imagerie, ingénierie enzymatique, stratégies biocatalytiques et analyses métaboliques. Ce congrès a permis de valoriser l'expertise du laboratoire dans les biotechnologies lignocellulosiques. Une belle participation illustrant le dynamisme de nos équipes. La prochaine édition aura lieu à Copenhague en 2026, nous y serons !

## 5 décembre - Bioéthanol : optimiser le prétraitement du bois pour une production rentable

Notre étude s'est intéressée à l'optimisation du prétraitement par explosion à la vapeur pour produire du bioéthanol de seconde génération à partir de résidus de bois, un procédé efficace mais coûteux. En collaboration avec l'Institut Européen de Biomasse, nous avons déterminé les conditions permettant de maximiser la production d'éthanol tout en limitant l'investissement économique. Les résultats montrent qu'une sévérité modérée du prétraitement est optimale : au-delà, les gains deviennent faibles. Pour le chêne et le peuplier, nous avons identifié des compromis technico-économiques permettant des rendements élevés en bioéthanol avec une hausse de coûts limitée. Cette approche ouvre la voie à des procédés industriels plus durables, applicables aussi à d'autres produits biosourcés.

## 2 décembre - Hydrolyse enzymatique : un lien élucidé entre les échelles micro- et nano-métriques

Face au dérèglement climatique et à la raréfaction des ressources fossiles, la biomasse lignocellulosique apparaît comme une alternative renouvelable, mais sa structure complexe rend sa valorisation difficile. Pour mieux comprendre sa déconstruction, nous avons développé une méthode d'imagerie 4D permettant de suivre la transformation des parois cellulaires du bois de peuplier au cours de l'hydrolyse enzymatique. Cette approche innovante révèle que la dégradation se traduit principalement par une réduction du volume des parois et montre un lien entre compacité cellulaire, déconstruction volumétrique et conversion de la cellulose. Pour la première fois, des mécanismes à l'échelle nano- et micrométrique sont ainsi connectés. Ces avancées ouvrent la voie à de nouvelles stratégies pour optimiser la déconstruction de la biomasse en biotechnologie.

## 6 novembre - Développement d'une biocathode ligninolytique

Une biocathode ligninolytique respirante a été conçue avec une interface catalytique hybride unique construite sur la surface d'une électrode à diffusion de gaz. Une biocathode ligninolytique respirante a été conçue avec une interface catalytique hybride unique construite sur la surface d'une électrode à diffusion de gaz. Ce dispositif combine de manière synergique un électrocatalyseur et la lignine peroxydase H8 (LiP) de *Phanerochaete chrysosporium* confinée sur une seule électrode, le tout fonctionnant dans des conditions ambiantes et avec l'oxygène moléculaire de l'air. L'utilisation de cette biocathode à respiration aérienne tout-en-un donne un aperçu précieux du développement de la technologie bioélectrochimique appliquée aux bioraffineries de lignines.



## PROJETS EN COURS

Au sein du volet « dirigé » de France 2030, une action est dédiée au financement de la recherche la plus fondamentale (TRL 1 à 4) : les programmes et équipements prioritaires de recherche (PEPR). Ceux-ci visent à construire ou consolider un leadership français dans des domaines scientifiques liés ou susceptibles d'être liés à une transformation technologique, économique, sociétale, sanitaire ou environnementale et qui sont considérés comme prioritaires au niveau national ou européen. Un montant cible de 3 Md€ est prévu sur cette action (voir le site de l'ANR dédié aux PEPR). Notre Unité est fortement impliquée dans plusieurs projets des PEPR FairCarboN et B-BEST. **PEPR FairCarboN** - Le carbone dans les écosystèmes continentaux : leviers et trajectoires pour la neutralité carbone <https://www.pepr-faircarbon.fr/> Co-piloté par INRAE et le CNRS, il a en particulier été co-conçu par Sylvie Recours, DR INRAE de FARE. FairCarboN a pour ambition de mobiliser la communauté scientifique française étudiant le carbone dans les écosystèmes continentaux. FairCarboN doit permettre de préciser la contribution possible des écosystèmes continentaux à l'atténuation du changement climatique. Il est organisé selon 4 Axes thématiques. FARE contribue à deux projets ciblés de FairCarboN : ALAMOD et SLAM-B, lequel est co-piloté par Bernard Kurek, DR INRAE de FARE. Notre Unité porte également le projet **CANETE**, lauréat de l'appel à projets 2023 de FairCarboN, piloté par Gwenaëlle Lashermes, DR de FARE.

**PEPR B-BEST** - Biomasse, biotechnologies, technologies pour la chimie verte et les énergies renouvelables (<https://www.pepr-bioproductions.fr/>) Co-piloté par INRAE et IFPEN, son but est de réunir la communauté scientifique pour construire les fondements des innovations techniques, organisationnelles et sociales qui permettront tout à la fois de comprendre et actionner les leviers d'une transformation efficace de la biomasse pour la production de produits biosourcés et de carburants durables. Il est organisé selon 5 Axes thématiques, l'Axe 1 étant animé par Gabriel Paës, DR INRAE de FARE, qui fait également partie du comité de pilotage. FARE contribue à quatre projets ciblés de B-BEST : FillingGaps, piloté par Gabriel Paës, ainsi que AMARETTO, GalaxyBioProd et ElectroMIC où sont impliqués différents chercheurs de notre Unité.

Comme chaque année, l'Institut **Carnot 3BCAR** publie son rapport annuel, présentant notamment la contribution de ses laboratoires membres. Notre laboratoire figure en bonne place dans ce rapport, avec des contributions sur les compétences proposées par 3BCAR dans la fermentation en milieu solide, la participation à des webinaires et missions d'information, la création d'un laboratoire commun avec le Centre de Recherche FRD-CODEM et un second avec l'institut SCION en Nouvelle-Zélande, sans oublier quelques publications scientifiques notables. Encore une année riche illustrée dans ce rapport !

## DÉMARRAGE DE PROJETS

Le projet **COMPOVERT** a pour objectif le développement transfrontalier de matériaux composites fonctionnels à renfort végétal, notamment via la valorisation de (sous-) produits locaux tels que les fibres lignocellulosiques ou la lignine. L'élaboration de biocomposites recyclables avec des propriétés originales antioxydantes, anti-bactériennes ou anti-statiques permettra d'élargir le champ des applications répondant au cahier des charges des industriels de l'ensemble du périmètre transfrontalier France-Wallonie-Vlaanderen.

Projet ANR **Gluxy** « Vers une bioraffinerie intégrée pour la production d'acide glutamique et de xylitol par co-fermentation d'hydrolysats enzymatiques lignocellulosiques » en collaboration avec le LGC Toulouse (coordinateur). Il vise à développer un schéma de procédé innovant couplant des étapes d'hydrolyse enzymatique, de fermentation et de séparation membranaire pour la production de 2 molécules plateformes : l'acide glutamique et le xylitol. L'originalité repose sur la transformation conjointe des deux types de sucre issus de l'hydrolyse de la biomasse, les pentoses (C5) et les hexoses (C6), sans séparation préalable, par une culture mixte de deux microorganismes, une bactérie produisant de l'acide glutamique à partir des C6 et une levure produisant du

xylitol à partir de C5. Plusieurs types de sons de céréales seront hydrolysés par voie enzymatique pour préparer des hydrolysats riches en C6 et C5. Les étapes de séparation mettront en jeu des techniques membranaires, nanofiltration et électrodialyse. L'enjeu est de limiter le nombre d'étapes du procédé, et donc le coût et l'impact environnemental des molécules produites. L'évaluation des impacts environnementaux du procédé sera réalisée via une ACV.

Projet **ColorBiomass** « Synthèse microbienne de pigments à partir de biomasses lignocellulosiques » en collaboration avec le Génoscope Evry (Dr Andrew Tolonen). L'objectif de la thèse est de développer un procédé de production de colorants naturels produits par des bactéries se développant sur un substrat lignocellulosique (paille ou son de blé). Deux stratégies sont envisagées : soit le prétraitement de la biomasse avec des enzymes qui dégradent les lignocelluloses, rendant les polysaccharides plus accessibles aux bactéries qui produisent naturellement les pigments cibles, soit l'ingénierie métabolique des bactéries dégradant les lignocelluloses pour leur permettre de produire directement les pigments.

Projet Interreg **MICROPLAITE** « Plateforme microfluidique pour de l'ingénierie tissulaire in-vitro » en collaboration avec SIRRIS (coordinateur), CENTEXBEL, Eursanté, ENSAIT, Université de Mons et KULAK. Le projet MICROPLAITE se concentre sur le développement d'une plateforme fluidique innovante qui vise à créer des conditions de culture cellulaire proches de celles du corps humain, afin de tester, qualifier et valider de nouveaux dispositifs de régénération tissulaire. Conçue pour remplacer les modèles animaux in vivo, la plateforme développée dans le cadre du projet MICROPLAITE est un système intégré et modulaire combinant des technologies avancées pour la culture cellulaire et la caractérisation des tissus régénérés. La plateforme permettra d'évaluer en ligne les propriétés des matériaux, notamment leur effet antimicrobien (ajout de lignine) et leur biocompatibilité.

Projet **MICOS** « Contrôles minéralogiques et microbiens de la stabilisation des matières organiques dans les sols des agroécosystèmes ». L'objectif de la thèse a pour objectif de suivre la décomposition plus ou moins complète des matières organiques par les organismes du sol conduit à leur accumulation dans des fractions de sol plus ou moins stables. Cette thèse s'intéresse aux contrôles minéralogiques et microbiens de la stabilisation des matières organiques dans les sols par application d'approches de caractérisation physico-chimique des phases organiques (analyses élémentaires CHON, Rock-Eval6, RMN-13C, spectroscopie d'absorbance et de fluorescence UV-Visible) et minérales (surface spécifique, DRX, FRX, Fe, Al) des fractions de sols soumis à différents usages et contextes pédoclimatiques.

## FIN DE PROJETS

Le projet ANR I9-CE43-0007 **FUNCLIPRO** (Proof of concept for the functionalization of lignins by applying laccase-dehydrogenase enzymatic treatments in biobased materials applications) est un projet de recherche fondamentale. Il s'est terminé en décembre 2023 (durée 36 mois). Il a été coordonné par Eric Record, UMR I163 Biodiversité et Biotechnologie Fongiques (INRAE/ Aix-Marseille univ), associant l'UMR FARE (INRAE/URCA, Véronique Aguié-Béghin, Brigitte Chabbert, Laurence Foulon et Florian Fortuna CDD AI - 24 mois), l'INRAE AgroParitech, Institut Jean Bourgin (Paul-Henri-Ducrot), l'Université Clermont Auvergne, Institut Pascal (Philippe Michaud) et l'Institut technologique FCBA forêt cellulose bois (Sandra Tapin-Lingua). Le projet FunCLIPRO a été élaboré comme une preuve de concept afin d'approfondir notre compréhension sur des enzymes dégradant la lignine (LDE) et notamment des laccases et déshydrogénases fongiques, et leurs mécanismes de déconstruction et de modification enzymatique de la lignine. Dans le cadre de ce projet, quatre publications ont été écrites dans des journaux scientifiques, notamment sur les résultats de production de panneaux de bois en voie humide



# PROJETS DE RECHERCHE

(10.1007/s00107-021-01720-3) et sur les données de structure d'une des enzymes du projet publiés dans le journal Biotechnol Biofuels (10.1186/s13068-021-02003-y), sur les propriétés mécaniques d'agrocomposites à base de lignine renforcés par des fibres de bois après un prétraitement utilisant la laccase de *P. cinnabarinus* (doi.org/10.1016/j.indcrop.2022.115876). Dans la dernière publication, FARE s'est principalement concentré sur les caractérisations physico-chimiques de la lignine LDE modifiée enzymatiquement par la laccase de *P. cinnabarinus* (10.3390/molecules28124873) suivi d'une autre valorisation autour de leurs propriétés électrochimiques (Posters « F. Fortuna et al, Nanostructured sensors based of lignin as new tool to identify their redox activities » présentés au cours de NanoPhot Research'day, 5 Mai 2022 et de la Journée Jeunes Chercheurs JJC FARE 12 Décembre 2022 à Reims).

L'objectif du projet **BIOMOD** était d'étudier l'hydrolyse enzymatique de la paroi cellulaire végétale aux échelles cellulaire et tissulaire, encore peu explorées. Dans ce projet, une combinaison d'imagerie 4D (espace + temps), de traitement d'images et de modélisation mathématique a été utilisée pour comprendre l'hydrolyse enzymatique de la paroi cellulaire végétale. Des échantillons de peuplier prétraités ont été imagés au cours de l'hydrolyse enzymatique par microscopie confocale à fluorescence. Des algorithmes de segmentation et de suivi ont été développés afin d'identifier les cellules individuelles et de suivre leur déconstruction. Ces données ont servi à élaborer des modèles mathématiques basés sur l'imagerie de la déconstruction enzymatique des parois cellulaires végétales.

**Surgamix 3BCar** : Le secteur agro-industriel génère d'importants volumes de coproduits, dont le son de blé, aujourd'hui peu valorisé alors qu'il constitue une ressource abondante, renouvelable et riche en sucres. Dans un contexte de transition écologique et de recherche de solutions durables, ces biomasses lignocellulosiques représentent un gisement stratégique pour la production de molécules biosourcées à forte valeur ajoutée. Le projet SUGARMIX, financé par le carnot 3BCAR et ayant pour partenaires le LGC de Toulouse (coordinateur) et l'UMR FARE de Reims, s'inscrit dans cette perspective en proposant un schéma de bioraffinerie intégrée. L'objectif est de produire simultanément deux molécules plateformes : l'acide glutamique (acide aminé utilisé en nutrition, alimentation animale, chimie verte) et le xylitol (édulcorant naturel aux applications agroalimentaires, pharmaceutiques et cosmétiques) – à partir du son de blé. Cette approche permet d'optimiser la valorisation de la biomasse tout en réduisant les coûts liés à des étapes de séparation préalables. La technologie développée dans SUGARMIX repose sur le couplage de trois briques procédés complémentaires :

1. Hydrolyse enzymatique du son de blé, générant des hydrolysats riches en sucres fermentescibles, avec des ratios C5/C6 modulables selon les besoins.
2. Fermentation en culture mixte, combinant une bactérie productrice de glutamate et une levure productrice de xylitol, sans séparation préalable des sucres.
3. Procédés membranaires de séparation (électrodialyse, nanofiltration) permettant d'isoler et purifier les deux molécules d'intérêt.

Ce couplage innovant démontre la faisabilité d'un procédé intégré, modulable et transposable à d'autres coproduits agricoles. Ce projet est poursuivi dans le cadre du projet ANR PRC GluXy avec le même consortium de partenaires (2024-2028).

Le projet **COOLSKIN** (Conception de matrices drainantes évaporatives pour le refroidissement des condenseurs frigorifiques en période caniculaires), AIC financé par le département Transform, s'est terminé en 2023. Il a été coordonné par Stéphanie Lacourt (Unité FRISE) avec la collaboration de l'UMR FARE (Bernard Kurek, Brigitte Chabbert et Véronique Aguié-Béghin). Dans ce projet, les deux unités ont unit leur compétence pour développer un nouveau concept d'ailettes biomimétiques, inspiré par les phénomènes d'évaporation des végétaux. Il a permis de dégager une stratégie de conception des ailettes qui joue sur les orientations des faisceaux de fibres et la morphologie du support, avec l'entrelacement de fibres pour, permettre d'augmenter la perméabilité du support à l'air et à l'eau et d'intensifier les transferts thermiques. La diffusion spontanée de l'eau liquide dans les fibres, par pression hydrostatique et/ou capillaire selon les régions, permet de mouiller l'intégralité des fibres du support. Les effets de capillarité permettent d'étendre le transfert évaporatif depuis la source de chaleur vers l'air : grâce aux fibres, on augmente les taux d'évaporation et la surface d'échange par rapport à un simple film d'eau déposé sur la source de chaleur et le refroidissement est multiplié par un facteur 2 par rapport à des ailettes métalliques conventionnelles. Un brevet (FR2407154) sur la conception des matrices évaporatives a été déposé en 2024 suivi d'un article ([10.1016/j.colsurfa.2025.137145](https://doi.org/10.1016/j.colsurfa.2025.137145)).

Le projet **REHYDRO** (Rôle de l'Eau dans la structuration et le comportement HYgroscopique D' assemblages lignocellulosiques), AIC financé par la département Transform, s'est terminé en 2023. Il a été coordonné par Véronique Aguié-Béghin (UMR FARE) avec la collaboration de Xavier Falourd de la plateforme BIBS (UR BIA) et de Corinne Rondeau-Mouro de AgroScans (UR OPAALE). L'objectif du projet REHYDro est de comprendre le rôle de l'eau dans le comportement hygroscopique d'assemblages lignocellulosiques (cellulose (nanofibres ou nanocristaux), hemicellulose (glucomannane de Konjac), lignine) de compositions variables, développés au sein de l'UMR FARE, et plus précisément de comprendre les interactions mises en jeu entre les chaînes de polymères et les molécules d'eau sous conditions d'humidité et de température variables. Les paramètres de sorption de l'eau extraits de la DVS couplés à des mesures de RMN à haut et bas champ, ont permis de caractériser l'impact structurant de l'eau dans les assemblages de polysaccharides aux échelles micrométriques et nanométriques. Un article associé à un Data in brief (X. Falourd et al., 10.1016/j.carbpol.2023.121579 et 10.1016/j.dib.2024.110106) a été publié. Cette approche sera étendue sur des assemblages synthétiques ternaires incluant un motif hydrophobe comme la lignine puis des fibres naturelles plus ou moins lignifiées.

Le projet **Bionanomat** (projet de prématuration financé par INRAE-Transfert en 2022-2023) coordonné par Françoise Berzin, avec la collaboration de Véronique Aguié-Béghin, avait pour objectif de mettre au point un procédé innovant pour réaliser des mousses thermoplastiques (en polypropylène, PP) renforcées par des nanofibrilles (NFC) ou des nanocristaux (NCC) de cellulose avec ou sans lignine, en une seule opération, à l'aide d'une extrudeuse baxis corotative. L'avantage de ces mousses polymères est d'obtenir des matériaux polyvalents avec des propriétés d'allègement, isothermiques et acoustiques utilisés dans plusieurs domaines tels que l'automobile, l'emballage, l'aéronautique, le sport ou le secteur médical. Ce projet a donné lieu au dépôt d'un brevet n° FR2407530 en 2024 sur le développement d'un procédé de fabrication de mousses thermoplastiques renforcées par des nanocristaux de cellulose avec ou sans lignine en une seule opération d'extrusion et d'une publication (soumise).



# PROMOTIONS ET PRIX

## 2 février – De belles promotions de nos collègues !

Un moment festif partagé avec tous les collègues de l'Unité pour fêter les promotions de 2023.

Bravo à nos collègues **Véronique**, **Delphine** et **Anouck** qui ont offert une coupe de Champagne à leurs collègues pour fêter leur promotions bien méritées obtenues à travers les CVPP INRAE en 2023

Véronique est passée ingénieure de recherche hors classe, tandis que Delphine a été promue assistante ingénieure et Anouck ingénieure d'étude, encore un grand bravo à elles !



## 16 février – 2ème prix du meilleur poster pour Amandine !

L'Université de Reims Champagne-Ardenne a organisé les 15 & 16 février 2024 la deuxième édition du colloque «Transdisciplinary research for a healthy planet» à Reims.

Lors de ce symposium, rassemblant d'éminents scientifiques spécialistes du climat, de la biodiversité et d'agroécologie, les doctorants étaient amenés à présenter une partie de leurs travaux de thèse.

**Amandine Moreno**, doctorante de FARE et de la société Novéal sous la direction du Pr Caroline Rémond, a présenté le travail qu'elle mène sur l'extraction par voie enzymatique de molécules d'intérêt cosmétique à partir de diverses ressources végétales. La qualité de sa présentation a été reconnue par le jury et elle a ainsi remporté le 2ème prix du meilleur poster, un grand bravo à elle !

## 27 novembre – deuxième journée de promotion !

Un GRAND bravo à nos collègues pour leur réussite récente : **Laurence Foulon** devient assistante ingénieure (concours interne) et **Gwenaëlle Lasherme** est nommée directrice de recherche (concours des directeurs de recherche) !



**TOP 2%**  
SCIENTISTS  
LEADING MINDS IN SCIENCE

## 7 novembre - Deux chercheurs de FARE dans le prestigieux classement Stanford-Elsevier

Depuis 2019, l'université de Stanford en collaboration avec Elsevier établit un classement mondial à partir de Scopus, une base de données transdisciplinaire, pour établir un classement des chercheurs les plus influents dans le monde. Une quarantaine d'indicateurs prennent en compte divers paramètres comme le nombre de publications, le nombre de citations dans des revues scientifiques, ainsi que la position du chercheur dans les articles (auteur principal ou coauteur). Deux chercheurs de notre Unité (**Sylvie Recous** et **Gabriel Paës**) sont présents dans ce classement, bravo à eux !



# SOUTENANCES

## 22 mai – Soutenance de Thèse de Julien du Pasquier

Julien a réalisé sa thèse entre la Chaire de Biotechnologie de CentraleSupélec et l'UMR FARE (Université de Reims Champagne-Ardenne, INRAE) sur la « **Modélisation multi-échelle du prétraitement par acide dilué de la biomasse lignocellulosique** » sous la direction de Patrick Perré et Gabriel Paës. Sa soutenance de thèse s'est déroulée brillamment !



## 13 décembre – Soutenance de Thèse de Thomas Peyrache

Thomas Peyrache, qui a travaillé sur « **Le raffinage et la fonctionnalisation des fibres de lin à l'aide de procédés enzymatiques et ultrasoniques** », sous la direction de Bernard Kurek et François Delattre, avec Angélique Gainvors, Véronique Aguié et Brigitte Chabbert.

## 19 décembre – Soutenance de Thèse de Julian Restrepo

Julian David Restrepo Leal, qui a étudié « **L'Optimisation de la production d'effecteurs Botryosphaeriaceae afin de contrôler leur pathogénicité et d'utiliser leurs enzymes lignocellulolytiques comme outil de bioraffinerie** », sous la supervision de Caroline Rémond-Zilliox et Fontaine Florence, avec Ludovic Besaury et Olivier Fernandez.



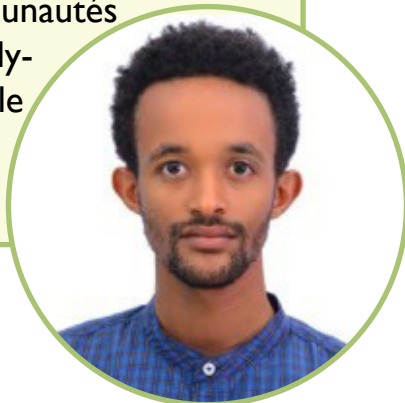


# NOUVEAUX ARRIVANTS

## Doctorants :

### Février – Animut Assefa Molla est recruté pour la thèse e-Lignomic

Animut Assefa Molla est accueilli par Ludovic Besaury et Sofiene Abdellaoui pour son doctorat sur la détermination du potentiel électrogène de communautés microbiennes lignocellulolytiques (e-Lignomic), dans le cadre du projet Electromic du PEPR B-BEST.



### Octobre – Anna Kestel est recrutée pour une thèse en modélisation

Anna Kestel est accueillie par Yassin Refahi et Gabriel Paës pour réaliser son doctorat en collaboration avec l'équipe MORPHEME d'INRIA à Sophia Antipolis sur le sujet « Modélisation multi-échelle de la déconstruction de la paroi végétale » dans le cadre du projet FillingGaps du PEPR B-BEST.

### Novembre – Noah Remy est recruté pour une thèse

Noah Remy est accueilli par Gabriel Paës pour débiter sa thèse « Spectroscopie de fluorescence multimodale de la lignine pour comprendre la récalcitrance de la biomasse lignocellulosique » en collaboration avec Annabelle Dejardin de l'UMR Bio For A à Orléans et Christine Terryn de la plateforme PICT de l'URCA.



## Postdocs :

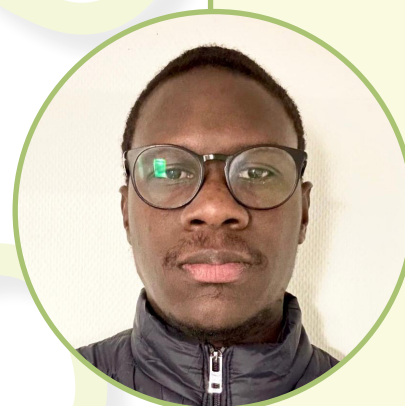
### Janvier – Recrutement de Tom Kunnemann

Tom a été accueilli en post-doctorat dans le cadre du projet ADEME SAGES (Quantification des émissions de Gaz à Effet de Serre (GES) des sols urbains) pour mener un expérimentation et faire de la modélisation pendant 15 mois.



### Décembre – Accueil de Stallone Da Costa Soares

Dans le cadre d'un échange international avec Brazilian agricultural research company, Centro Agrobiologia (EMBRAPA-Agrobiology), un jeune post-doctorant, Stallone Da Costa Soares, effectue un séjour de 12 mois pour effectuer ses recherches sur la « Modélisation de l'évolution du carbone organique du sol dans des expériences à long terme sous différents systèmes de gestion du sol au Brésil (projet MOGPA). L'étude vise à utiliser une approche de modélisation pour mieux comprendre et prédire les changements dans les stocks de carbone du sol qui se sont produits au cours des 25 dernières années dans les systèmes de culture brésiliens en raison de diverses pratiques de gestion des sols et/ou de changements dans l'utilisation et la couverture des terres par rapport au système d'origine.





# NOUVEAUX ARRIVANTS

## Personnels techniques :

### Février – Recrutement de Laurie Paulin

Laurie Paulin a été recrutée en tant que technicienne de recherche en microbiologie pour une durée de 1 an depuis février 2024. Laurie apportera ses compétences techniques aux divers projets de microbiologie de la Chaire AFERE.



### Février – Recrutement de Agathe Souiry

Agathe Souiry est accueillie par Bernard Kurek en qualité d'ingénieure de recherche pendant 2 ans sur l'élaboration de scénarios prospectifs d'organisation des activités bioéconomiques pour la métropole de Reims avec les acteurs du territoire, dans le cadre du projet SLAM-B du PEPR FAIRCarboN.



### Mars – Recrutement de Pauline Leleux

Pauline Leleux est recrutée en tant qu'ingénieure d'étude pour une durée de 4 mois (mars-juin 2024) pour poursuivre l'étude initiée lors de son stage de M2 réalisé à FARE en 2023 et portant sur la synthèse enzymatique de molécules d'intérêt cosmétique à partir de co-produits agro-industriels. Ce projet est mené en collaboration avec Murielle Muzard et Richard Plantier-Royon de l'ICMR.



### Octobre – Recrutement de Loubna Lemkhanter

Loubna Lemkhanter est accueillie par Françoise Berzin en tant qu'ingénieure d'études pour 3 ans dans le cadre du projet Interreg VI COMPOVERT « Développement de matériaux composites polymère-fibres naturelles ».

### Octobre – Recrutement de Oumaima Lehmam

Oumaima Leham est accueillie par Ali Faraj et Gabriel Paës en tant qu'ingénieure d'études pour 12 mois afin d'optimiser la prédiction de propriétés de la biomasse lignocellulosique par des approches de chimiométrie appliquée à la cartographie de fluorescence dans le cadre d'un projet de pré-maturation du Carnot 3BCAR.







# FARE

## Fractionnement des AgroRessources et Environnement

### UMR FARE

CREA (Centre de Recherches  
en Environnement et Agronomie)

2 Esp. Roland Garros

51100 Reims

Tél. : +33 (0)3 26 77 35 80

<https://fare.nancy.hub.inrae.fr/>