

Chaire AFERE-Agroressources FERmentation Enzymes

Rapport d'activité de la chaire AFERE pour la période 2017-2021

Projet de phase 2 de la chaire AFERE

Contexte de la mise en place de la chaire AFERE

En 2016, la Chaire AFERE a été initiée dans le contexte de l'importante dynamique existante autour de la bioéconomie au sein du territoire champardennais : structuration de la plate-forme d'innovation BRI, émergence de l'IEB (Institut Européen de Bioraffinerie) ainsi que l'installation du CEBB. Outre ses activités d'enseignements d'excellence, sa production scientifique notable, elle est un élément fédérateur par sa situation de trait d'union à l'interface de nombreuses entités.

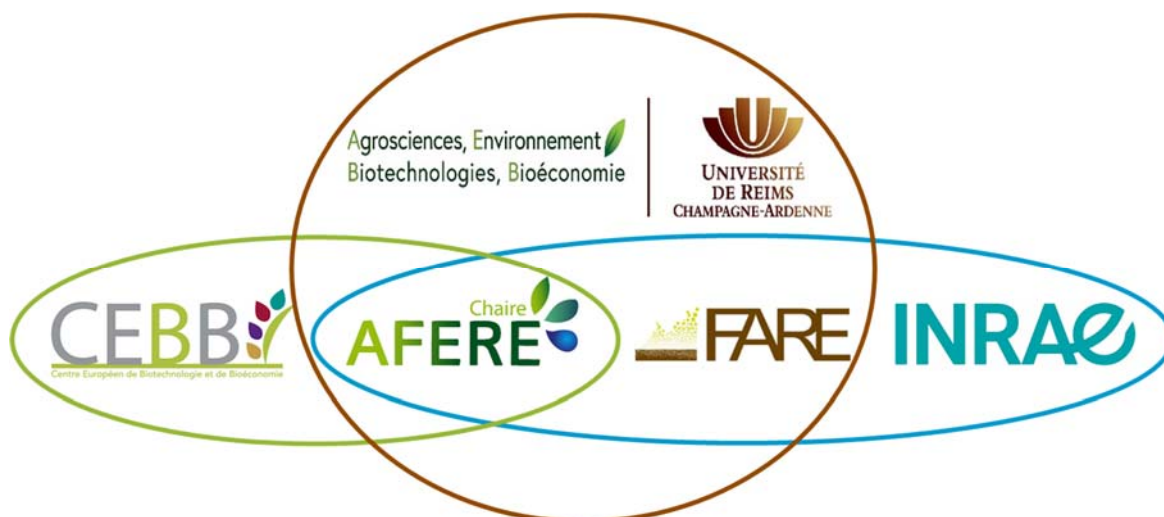


Figure 1 - La chaire AFERE, une chaire d'excellence au cœur de l'écosystème de recherche académique

Au sein de l'URCA, la recherche autour des agroressources, leur production et leur valorisation non alimentaire s'est développée, depuis les années 90, grâce au travail issu d'unités de recherche en biologie, microbiologie, sciences du sol et de l'environnement, chimie, sciences pour l'ingénieur, sciences du numérique et sciences humaines et sociales et à travers les nombreux projets de recherche focalisés sur ces questions. Au cœur de cet écosystème d'exception, la chaire AFERE est un élément clé de la stratégie de spécialisation de l'URCA en bioéconomie et incarne l'implication de l'université dans le dispositif CEBB par sa présence en son sein, en complémentarité des unités et chaires d'AgroParisTech, de CentraleSupélec et de NEOMA Business School.

La chaire AFERE de l'URCA a été mise en place en février 2016 ; et, suite à l'évaluation de sa candidature et à son audition par un comité de sélection (instance de recrutement des enseignants-chercheurs des universités), le Professeur Caroline Rémond a été nommé titulaire de la chaire en octobre 2016. Elle est aussi une composante de l'UMR FARE, unité mixte de recherche URCA-INRAE reconnue au niveau

national et international pour ses compétences et son expertise dans le domaine de la biomasse lignocellulosique et de sa transformation en molécules variées et en agro-matériaux. La chaire AFERE est spécialisée dans les biotechnologies blanches pour la valorisation des biomasses végétales. Le projet scientifique de la chaire AFERE est basé sur le développement de procédés enzymatiques et microbiens pour fractionner les constituants des lignocelluloses (hémicelluloses, lignines et cellulose) en molécules d'intérêt (sucres, molécules phénoliques), pour produire des molécules d'intérêt (enzymes, métabolites secondaires microbiens, tensio-actifs biosourcés, glycosides bioactifs, ...). La chaire vise ainsi à la production de biocarburants et de molécules à hautes valeurs ajoutées pour les secteurs des bioénergies, de la cosmétique, de la détergence, de la chimie, de l'alimentation humaine et animale.

Par les innovations qu'elle produit, elle répond aux défis scientifiques et sociétaux de la bioéconomie avec une exigence de réalité, de compétitivité et de développement durable.

Ce rapport a pour objectifs d'établir un bilan succinct des activités conduites et des résultats obtenus en phase 1 de la chaire AFERE sur la période 2016-2021 ainsi que de décrire le projet de phase de renouvellement envisagé pour la chaire.

1. Bilan de la phase 1 de la chaire AFERE (2016-2021)

1.1. Effectifs et compétences de la chaire



9 personnes

lors de sa création en 2016

1 professeur, 3 maîtres de conférences, 1 assistant-ingénieur à mi-temps, 1 attaché temporaire d'enseignement et de recherche (ATER) et 3 doctorants.



17 personnes

En 2021

1 professeur, 5 maîtres de conférences, 1 ingénieur de recherche, 1 assistant ingénieur (50%), 1 technicien de recherche, 6 doctorants, 1 assistante ingénieur (CDD), 1 technicienne de recherche (CDD 18 mois, projet 3BCAR)

Le développement de la chaire a été réalisé **grâce à l'important soutien de l'URCA** qui a conduit au recrutement de 2 maîtres de conférences (en 2017 et 2018), d'1 ingénieur de recherche (en 2017) et d'1 technicien de recherche (en 2020) et aux projets développés en propre ou en partenariat et décrochés par la chaire lors de la réponse à des appels à projets régionaux, nationaux, transfrontaliers et européens.

La chaire est spécialisée en biotechnologies blanches et dispose de **compétences** uniques dans l'écosystème en biologie moléculaire (clonage, mutagenèse, (méta)génomique, transcriptomique,

protéomique), en microbiologie (cultures isolées, co-cultures, consortia, fermentation en milieu liquide et en milieu solide), biocatalyse (hydrolyse, estérification, oxydo-réduction, transglycosylation), bioélectrochimie, chimie analytique, évaluation de propriétés (activités prébiotiques, antimicrobiennes, anti-oxydantes), bioinformatique.

Le fonctionnement de la chaire s'appuie également sur les compétences des pôles techniques de l'UMR FARE ainsi que sur les gestionnaires de l'UMR FARE.

1.2. Projet scientifique de la phase 1

Le projet scientifique de la phase 1 de la chaire AFERE s'est inscrit dans la stratégie scientifique de l'UMR FARE, en complément et pour accélérer le développement des activités existantes. Il s'agissait de développer : 1) des procédés biocatalytiques pour fractionner la biomasse lignocellulosique en molécules d'intérêt (sucres, molécules phénoliques) et pour fonctionnaliser ces molécules issues du fractionnement, 2) des procédés fermentaires pour la bioproduction de biomolécules en utilisant la biomasse lignocellulosique comme source de carbone.

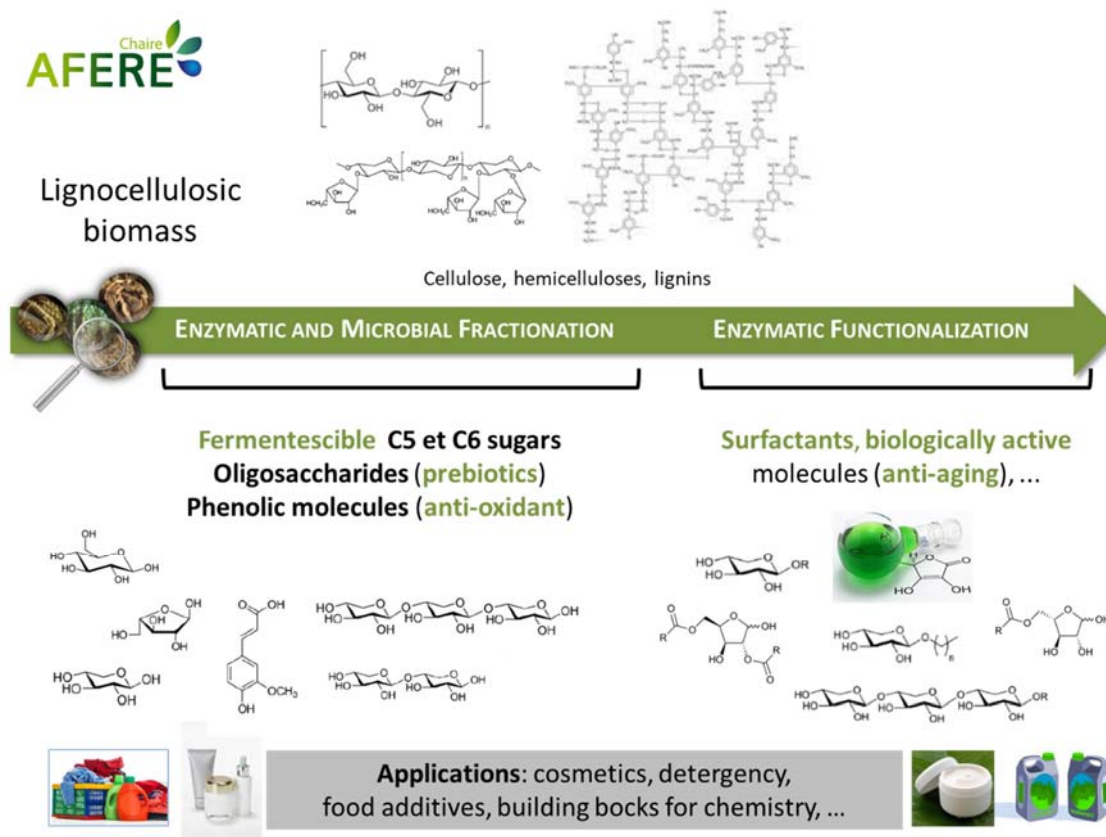


Figure 2 – Programme scientifique de la chaire AFERE durant la phase 1

Ce projet scientifique a été mené par le biais de thèses, de post-doctorats, de projets de recherche (régionaux, nationaux et européens) et de contrats partenariaux industriels.

A. Les thèses et post-doctorats finalisés et en cours

Durant la période 2016-2021, 4 thèses ont été finalisées et 6 thèses ont été débutées :

- (1) Thèse *Fractionnement des hémicelluloses du son de blé, purification de l'acide férulique*, collaboration Chaire ABI et UMR Genial (2014-2017, financement ABI via collectivités territoriales)
- (2) Thèse *Synthèse enzymatique d'esters de sucres*, collaboration ICMR Reims, AgroBioTech Gembloux (2014-2017, financement région Grand Est)
- (3) Thèse *Lignofrac-Fractionnement enzymatique des lignines* (2016-2020, financement Grand Reims-FEDER)
- (4) Thèse *Modélisation de la fermentation en milieu solide* en collaboration avec la chaire CentraleSupélec (2017-2021, financement Chaire Centrale Supélec via collectivités territoriales)
- (5) Thèse *Optimisation de la production d'hémicellulases par souche bactérienne*, en co-tutelle URCA-Université de Liège (2017-2020, co-financement URCA-ULg pour 4 ans)
- (6) Thèse *Oligosaccharides prébiotiques*, collaboration VITO (Belgique) (2018-2021, financement VITO pour 4 ans)
- (7) Thèse *Nouvelles enzymes ligninolytiques et leurs caractérisations par électrochimie*, collaboration Université Lyon 1 (2019-2021, financement URCA)
- (8) Thèse *Étude de la bioproduction microbienne de pigments naturels lors du fractionnement de la biomasse lignocellulosique* (2019-2022, financement Fondation Paris Reims)
- (9) Thèse *Optimising Botryosphaeriaceae effector production to control their pathogenicity and to use their lignocellulolytic enzymes as a biorefinery tool*, collaboration Chaire Maldive-RIBP URCA (2021-2024, co-financement Grand Reims et Région Grand Est)
- (10) Thèse *Affinage et fonctionnalisation des fibres de lin par mise en oeuvre de procédés enzymatiques et ultrasoniques*, collaboration UCEIV Dunkerque (2021-2024, financement URCA).

2 post-doctorats ont été financés par la Région Grand Est dans le cadre du soutien financier à la chaire ; l'un visant à produire des enzymes hémicellulolytiques bactériennes (18 mois, 2017-2018), le second visant l'étude de la conversion de paille de miscanthus par fermentation en milieu solide (18 mois 2018-2019).

B. Projets de recherche régionaux

La chaire a bénéficié du soutien de la **SFR Condorcet** par le biais de 3 projets:

- le projet *Métabolites secondaires microbiens* (2019) a été mené avec l'équipe du Pr F. Delvigne de l'ULg,
- le projet *Valorisation de déchets bois* (2020) réalisé en collaboration avec la chaire CentraleSupélec,
- le projet *Evaluation du potentiel de Dégradation des lignines en molécules aromatiques par des souches bactériennes* (2021) mené en collaboration avec le laboratoire BIOPI de l'UPJV.

Une collaboration a été initiée avec le **chaire Maldive de l'URCA** en vue d'étudier le potentiel en enzymes lignocellulolytiques de microorganismes pathogènes du bois ; cette collaboration a été initiée via un stage de M2 (2020) et se poursuit actuellement par une thèse qui a débuté en octobre 2021.

La chaire est impliquée dans un **projet du réseau ESR avec la chaire CentraleSupélec et l'URD ABI**. Ce projet vise à développer une méthode de suivi en continu de la croissance d'un champignon filamenteux cultivé par fermentation en milieu solide. Il s'agit d'un projet de 18 mois débuté en mars 2021.

Depuis 2020, la chaire est impliquée dans le **projet de la Région Grand Est FRCR 3BR Biomolécules et Biomatériaux pour la Bioéconomie Régionale vers une valorisation « zéro déchet »** (2020-2022). Les actions de la chaire sont menées dans le cadre du WP 2 Fractionnement des agro-ressources (stage de M2 en cours sur le fractionnement enzymatique des fibres de chanvre) et du WP4 Production de biomolécules innovantes (stage M2 prévu en 2021). La co-animation du WP2 est assurée par C. Rémond (AFERE) et N. Brosse, LERMAB, Nancy.

C. Projets de recherche nationaux

La chaire a obtenu le financement d'un projet de type **ANS-Action nouvellement soutenue de l'INRAE** (département TRANSFORM) pour l'étude du Fractionnement de la lignocellulose par co-cultures microbiennes (2019-2020). Ce projet a été mené en collaboration avec la plateforme GenoToul de TBI Toulouse et a permis de mettre en place une approche de co-cultures microbiennes au sein de la chaire.

En 2021, la chaire a obtenu le financement d'un projet par les **Instituts Carnot 3BCAR et Qualiment**. Le **projet ColorANTH** porté par la chaire AFERE associe le LBE de Narbonne et l'UMR SQPOV d'Avignon et a une durée de 2 ans (2021-2022). Ce projet vise à développer un procédé d'extraction des anthocyanes de marcs de distillerie combinant l'utilisation de micro-ondes et d'enzymes en vue de limiter le recours au sulfite (procédé actuel d'extraction des distilleries). Un second objectif du projet ColorANTH est de moduler par voie enzymatique la composition et la structure des anthocyanes pour accroître leur stabilité et leurs propriétés. Les retombées du projet ColorANTH devraient intéresser les distilleries productrices d'anthocyanes ainsi que les industries utilisant ces molécules en tant que colorants (industries agro-alimentaires, cosmétiques, ...). Un CDD technicien de 18 mois a été recruté dans le cadre de ce projet.

La chaire est impliquée dans un **projet de consolidation du Carnot 3BCAR** visant à développer et optimiser un micro-méthaniseur pilote. Ce projet débuté fin 2021 est mené en étroite collaboration avec les UMR PROSE (INRAE-Université Paris Saclay) et ECOSYS (AgroParisTech-INRAE-Université Paris Saclay).

La chaire est également impliquée dans un projet inter unité INRAE Gloworms (Département Agro Ecosystem) avec les unités UMR 1222 Eco&Sols (INRA, l'IRD, Montpellier SupAgro et le Cirad UMR 1114 EMMAH (Université d'Avignon et des Pays de Vaucluse-INRAE) visant à déterminer les interactions vers de terre-microorganismes dans la dégradation de la matière organique.

La chaire a obtenu le financement d'un **projet ANR JCJC qui débutera en janvier 2022**. Ce projet, VALBIOELEC) de 42 mois est porté par S. Abdellaoui, maître de conférences recruté au sein de la chaire en 2018 et il visera à fractionner et valoriser les lignines par une approche couplant biocatalyse et électrochimie. Ce projet permettra la mise en place d'une collaboration avec l'Université d'état du Michigan (USA).

D. Projets de recherche européens en partenariat avec des industriels

De 2016 à 2020, **la chaire a été l'un des partenaires du projet H2020 BabetReal5** « New technology and strategy for a large and sustainable deployment of 2nd generation biofuel in rural areas ». Ce projet visant la production de bioéthanol de 2^{ème} génération regroupait 16 partenaires européens et d'Amérique latine (URCA (chaire AFERE), INPT Toulouse, TBI Toulouse, INSA Toulouse, Ovalie, Arterris, Solagro, Maguin, WIP (GE), AAU (DN), INTA (AR), LNEG (PR), CIEMAT (SP), UNAM (ME), CMM (ME), INIA (UR)). La chaire a apporté ses compétences en production et mise en œuvre d'enzymes de type

hémicellulases pour accroître l'efficacité de l'étape d'hydrolyse enzymatique des divers co-produits lignocellulosiques étudiés dans le projet (rafles de maïs, bagasse d'agave, paille d'orge, ...) en libérant conjointement glucose et xylose qui sont co-fermentés en éthanol. L'ensemble des résultats obtenus dans le projet (jusqu'à TRL 5) sont prometteurs et démontrent l'intérêt de petites unités de production de bioéthanol utilisant les co-produits locaux.

La chaire a coordonné le projet Interreg France-Wallonie-Flandres ValBran qui a visé la production de tensio-actifs biosourcés à partir de son de blé. Ce projet (2016-2020) a impliqué 9 partenaires (URCA (chaire AFERE et ICMR), UPJV Amiens, IAR, ULg (BE), VALBIOM (BE), GREENWIN (BE), VITO (BE), INAGRO (BE), CATALISTI (BE)). Dans ce projet la chaire a développé les procédés enzymatiques visant la production d'alkyl glycosides et d'esters de sucres à partir du son de blé. Ces deux familles de tensio-actifs présentent l'intérêt d'être biosourcés, biodégradables et non toxiques pour l'homme et l'environnement. Un procédé original sans aucune étape de prétraitement physique du son de blé a été développé par la chaire et par l'ICMR pour produire à la fois des alkyl glycosides et des esters de sucres. Des échantillons ont été fournis aux sociétés ARD (FR) et SOPURA (BE) pour être testés dans des formulations pour des tests applicatifs. Les perspectives de ce projet sont désormais de poursuivre l'optimisation de certaines étapes et de valider les procédés à une échelle plus importante (échelle pilote) afin d'évaluer la faisabilité économique.

La chaire est également impliquée dans le **projet COCULTURE** (janvier 2021 à juin 2022) dans le cadre de **l'Appel à projet européen IBISBA (Industrial Biotechnology Innovation and Synthetic Biology Accelerator)** qui coordonne un réseau d'installations de recherche pour promouvoir la R&D dans le développement de bioprocédés et soutenir la bioéconomie. L'objectif principal du projet COCULTURE est de comprendre et décrypter les mécanismes d'une co-culture entre une souche lignocellulolytique fongique bien caractérisée utilisée dans plusieurs procédés biotechnologiques notamment en conversion de la lignocellulose et un deuxième membre bactérien abritant un large arsenal d'enzymes lignocellulolytiques mais aussi capable sécréter des composés naturels qui vont susciter l'activité du décomposeur principal. Pour ce faire, de nombreuses analyses transcriptomiques et métabolomiques (menées en collaboration avec la plateforme WU-UNLOCK, Pays-Bas) sur différentes biomasses lignocelluloses seront réalisées afin de déterminer les différentes interactions et mécanismes de dégradation sur-exprimés au sein de ces co-cultures. Cela permettra de caractériser et de produire des cocktails enzymatiques lignocellulolytiques efficaces de nouveaux métabolites d'intérêt qui joueront le rôle d'éliciteur des champignons et pourront être utilisés pour d'autres procédés biotechnologiques.

E. Projets partenariaux industriels

Comme indiqué ci-dessus, des échantillons de molécules tensio-actives produites par la chaire ont été fournis à ARD et SOPURA dans le cadre du projet Interreg Valbran. Ceci s'est accompagné de la mise en place de MTA.

Depuis 2016, la chaire a eu **6 contrats avec des industriels** :

- Un avenant de 4 mois (2016) qui faisait suite à un premier contrat de 5 mois (juillet 2015- janv 2016) entre l'UMR FARE et la société **Saint Gobain Emballage** sur l'allègement de la charge organique du verre recyclé par fermentation solide. Un CDD de technicien a été financé par l'entreprise dans le cadre de ce contrat afin d'effectuer des expérimentations au sein de la chaire AFERE.
- Un contrat de 9 mois (2019) avec l'UMR FARE et la **société ADISSEO** (leader mondial de l'alimentation animale, Toulouse) qui a visé à étudier la digestibilité enzymatique de diverses

biomasses lignocellulosiques destinées à l'alimentation animale. Un CDD Assistant ingénieur de 9 mois a été financé par l'industriel dans le cadre de ce contrat afin d'effectuer des expérimentations au sein de FARE-AFERE.

- Un contrat de 6 mois (2019) avec la **société CELODEV** (Reims) visant à produire et étudier de nouvelles enzymes pour l'industrie papetière. Un stagiaire de M2 a été financé par l'entreprise afin de réaliser les expérimentations du projet.
- Un contrat de recherche de 9 mois (2020) avec l'UMR FARE et la **société Van Robaeys Frères** (Killem) en vue d'étudier le défibrage assisté par enzymes de fibres de lin. Ce contrat a permis le financement d'un stagiaire de M2 et de ses expérimentations.
- Un contrat avec l'UMR FARE et la **société Européenne de Biomasse** (Pomacle Bazancourt ; prestation de service de 6 mois en 2021) pour étudier le potentiel fermentaire de diverses biomasses lignocellulosiques.
- Un contrat partenarial avec la **société Méthagroupe** (septembre 2021-septembre 2022) visant à étudier la valorisation d'intrants lignocellulosiques par méthanisation au travers d'une approche multi-disciplinaire et permettra le financement d'un stagiaire de M2 (2022) et de ses expérimentations.

D'autres contacts sont établis avec des acteurs industriels (NDA mis en place) et devraient donner lieu à court terme à des projets partenariaux.

Par ailleurs des contacts sont établis avec ADM (Pomacle-Bazancourt), Cristal Union (Pomacle-Bazancourt), TEREOS (Moussy le Vieux), BIOWANZE (Wanze, BE) qui fournissent à la chaire des co-produits agroindustriels qui sont en cours d'évaluation pour la production de molécules à haute valeur ajoutée.

1.3. Valorisation et actions de diffusion

A. Valorisation scientifique



Depuis 2016, les travaux de la chaire ont été publiés dans **23 articles scientifiques dans journaux internationaux à comité de lecture**. L'expertise de la chaire a mené à la rédaction de **2 articles de vulgarisation dans journaux nationaux** et **d'1 rapport de vulgarisation disponible sur le web** (voir liste en annexe).



annexe).

Les travaux de la chaire ont fait l'objet de **15 conférences invitées dans des réseaux nationaux et européens** (SFR Condorcet, GT IAR, GDR Symbiose, Allenvi, SINAL, groupe français des glycosciences, Colloque Sustainable bio-based surfactants TEBIO, International conference on bio-based surfactants, ...), de **15 communications orales** et de **12 posters dans des congrès internationaux** (Green Chemistry, Carbohydrate Bioengineering, Renewable Ressources and Biorefinery, Sustainable bio-based surfactants, Exploring Lignocellulosic Biomass) (voir liste en



La chaire a été membre de l'organisation et du comité scientifique du colloque international

Exploring Lignocellulosic Biomass organisé à Reims en 2018 et est également impliquée dans l'organisation de la prochaine édition de ce congrès ;

B. Actions de diffusion :



Depuis 2016, la chaire a participé à de **nombreuses actions de communications lors d'évènements organisés au niveau du territoire** dans le cadre de la Fête de la Science dont les animations sont coordonnées depuis 2019 par S. Abdellaoui membre de la chaire. Des actions ont été réalisées durant d'autres évènements, tel que la Nuit des chercheurs, la Foire de Châlons en Champagne, le CMQ Bioraffinerie Végétale et Biotechnologies Industrielles en région Grand Est, semaine européenne du développement durable, Act'up, le Forum Climat Energie de Châlons en Champagne.



La chaire a également participation à **diverses animations sur le site du CEBB**, notamment lors de l'accueil de délégations et lors de visites.



En 2018, dans le cadre d'une **action nationale « Sciences on tourne »**, la chaire a été sollicitée par Accustica pour la réalisation d'un film de 25 min destiné à des lycéens sur le thème « **Des végétaux comme alternative au pétrole** ». Le film, tourné dans les laboratoires de la chaire AFERE, a montré de manière vulgarisée comment on peut valoriser les co-produits agricoles et déchets d'agro-industries en molécules d'intérêt (bioéthanol, tensioactifs, ...) par des voies de biotechnologies blanches. Le film a été projeté le 19 mars 2018 lors d'un webcast en présence de classe de 7 lycées et il a été suivi d'une session questions-réponses en direct avec les lycéens. Tous les membres de la chaire ont été impliqués dans cette action de diffusion. Le film est visible avec le lien suivant : <http://www.cestdanslaire.fr/fr/page/des-vegetaux-comme-alternative-au-petrole>



Plusieurs doctorants de la chaire ont participé à des actions de diffusion telles que Ma thèse en 180 secondes ou encore le concours doctorants-slameurs dans le cadre du thème « La Bio-économie et l'Agriculture » (Foire de Châlons-en-Champagne en 2018).



1.4. Implication de la chaire dans l'enseignement supérieur

Les 6 enseignants-chercheurs de la chaire AFERE sont fortement impliqués dans l'enseignement, avec en moyenne 220 h TD / an pour chaque enseignant. Caroline Rémond, titulaire de la chaire, bénéficie d'une décharge de service d'enseignement de 128 h et a un service statutaire de 64h depuis 2016.

Les enseignements dispensés par les enseignants-chercheurs de la chaire concernent la microbiologie, la biologie moléculaire, l'ingénierie microbienne, la biologie de synthèse, les biotechnologies industrielles, la biochimie végétale et les biostatistiques. Ces enseignements sont

dispensés aux étudiants de niveau L1 à M2 et plus particulièrement **au sein des formations suivantes de l'URCA** : Licence Sciences de la Vie et de la Terre, Licence professionnelle mention Valorisation des agro-ressources, Master Biologie AgroSciences (responsable du master BAS : C. Rémond), de la formation d'excellence Coursus Master Ingénierie (CMI Bioraffinerie), Master Sécurité Qualité Hygiène Environnement.

Quelques interventions en lien avec les compétences de la chaire sont également dispensées dans le cursus **Ingénieur AgroParisTech** en année 2 et 3 (cours de 2h sur les cellulases-hémicellulases; cours de 2h sur les enzymes industrielles) et dans le **cursus Ingénieur SupAgro Dijon** (cours de 2h sur les biocarburants).



Depuis 2016, la chaire a été associée à la conception de la formation d'excellence et internationale Master *Erasmus Mundus Bioceb* « **Biological and Chemical Engineering for a Sustainable Bioeconomy** » porté par AgroParisTech (porteur: Pr S. Baumberger). L'URCA est l'un des 5 partenaires de ce master avec AgroParisTech, l'Université de Liège (BE), l'université Technologique de Tallin (Estonie) et l'université d'Aalto (Finlande).

Caroline Rémond est l'enseignante référente de l'URCA pour ce master qui a été lauréat en juillet 2019. Le master a débuté en septembre 2020 avec une 1^{ère} promotion comportant 24 étudiants de 17 nationalités différentes. En 2021-2022, la promotion comporte 23 étudiants de 18 nationalités. Tous les étudiants suivent le semestre 1 à l'URCA. **Deux unités d'enseignement (75h) sont portées par les enseignants de la chaire qui dispensent les enseignements.**

La chaire est impliquée dans le montage et la création de la **Licence professionnelle Biotechnologies et Bio-industries** de l'URCA et du lycée des Lombards de Troyes. Les enseignants-chercheurs de la chaire dispenseront des enseignements de microbiologie et de biologie moléculaire au sein de cette licence professionnelle qui sera effective à partir de la rentrée 2022.

Ainsi la chaire **AFERE est fortement investie dans l'enseignement supérieur à l'échelle territoriale et également à l'échelle internationale.** Ceci permet non seulement de promouvoir les recherches menées au sein de la chaire mais aussi de promouvoir la dynamique territoriale dans le domaine de la bioéconomie. Elle est un des atouts en terme d'attractivité de l'écosystème.

Dans ce contexte, E. Copinet-Legin et A. Gainvors-Claissé, maîtres de conférence de la chaire, ont animé un atelier d'une demi-journée (juin 2021) sur le thème « Ces micro-organismes qui nous habitent » dans le cadre des **formations à destination des enseignants du secondaire proposées par la Maison pour la Sciences.**



H. Rakotoarivonina, enseignant-chercheur de la chaire, a participé à la **coordination de l'écriture et de la publication de l'ouvrage « Introduction à la microbiologie » Editions Dunod (2019)** et elle a rédigé le chapitre « Microbiologie environnementale » de cet ouvrage destiné aux étudiants de Licence 1 et 2, de Licence professionnelle et d'IUT dans le domaine des Sciences de la Vie et de la Terre.

1.5. Formation par la recherche au sein de la chaire, élément fort pour l'insertion professionnelle

Un indicateur important de succès de la phase 1 de la chaire est le taux élevé d'insertion professionnelle des doctorants, post-doctorants et CDD ayant été recrutés au sein de la chaire AFERE depuis 2016. Parmi les 10 CDD scientifiques dont le contrat s'est finalisé à ce jour, 6 ont obtenu un poste en CDI (secteur privé ou public) et 1 est en CDD.

- S. Dupoirion-Cony, thèse 2014-2017, collaboration AFERE-ABI : ingénieur analytique TWB Toulouse White Biotechnology (CDI)
- G. Vanier (2016-2017, post-doctorant Région Grand Est) : ingénieur R&D société Lipofabrik (Villeneuve d'Ascq) (CDI)
- J. Vanier, 2016-2017, technicienne de recherche projet Interreg Valbran : technicienne de recherche Institut Charles Violette (Lille) (CDD)
- T. N'Guema Nkili, 2017-2018, ingénieur d'étude, Région Grand Est : ingénieur société Celodev (Reims) (CDI)
- D. Gérard, 2017-2018, post-doctorante projet Interreg Valbran : maître de conférences IUT Bourg en Bresse (CDI, recrutement sur concours)
- C. Jocquel, 2018-2019, technicienne de recherche, Grand Reims : technicienne production société ARD-Biodemo (Pomacle-Bazancourt) (CDI)
- J. Floret, 2019-2020, technicienne de recherche, financement Grand Reims : technicienne de recherche URCA au sein de la Chaire AFERE (recrutement sur concours ; en poste depuis septembre 2020).

1.6. Rôle au sein du pôle AEBB de l'URCA et de la stratégie territoriale

A. Collaborations au sein de l'URCA et du CEBB

Agrosciences, Environnement
Biotechnologies, Bioéconomie



Au niveau de l'URCA, la chaire AFERE collabore fortement avec l'ICMR. Cette collaboration permet de combiner des approches de biotechnologies blanches et de chimie verte pour la synthèse de molécules originales à partir de biomasses végétales.

Des collaborations ont été mises en place avec la chaire **MAGICS** et la chaire **MALDIVE** de l'URCA. La collaboration avec la chaire **MAGICS** a permis d'étudier par une approche de modélisation et de dynamique moléculaire le site actif de plusieurs enzymes afin d'optimiser leur potentiel biocatalytique. Cette collaboration a conduit à la publication de 2 articles scientifiques. La collaboration avec la chaire **MALDIVE** est plus récente et vise à étudier le potentiel en enzymes de microorganismes pathogènes du bois. Un stage de Master 2 a permis d'initier la collaboration entre les 2 chaires et cette collaboration se poursuit actuellement par une thèse entre les 2 chaires.



Avant que la chaire AFERE ne soit initiée, une **collaboration avec l'URD ABI du CEBB** avait été établie dès 2014 avec notamment une thèse menée en collaboration et visant l'extraction enzymatique d'acide férulique à partir de co-produits agricoles (thèse de S. Dupoirion-Cony, 2014-2017). Le volet enzymatique a été développé au sein de la chaire AFERE. Les compétences de la chaire ABI dans le domaine de la chimie verte et du génie des procédés sont complémentaires aux compétences en microbiologie et en biocatalyse de la chaire AFERE.

Une **collaboration a également été mise en place avec la chaire CentraleSupélec du CEBB** par le biais d'une thèse visant à modéliser la fermentation en milieu solide pour optimiser ce procédé complexe de conversion des biomasses végétales par des champignons filamenteux. Le doctorant a soutenu sa thèse en 2021. En 2020, les chaires AFERE et CentraleSupélec ont collaboré au sein d'un projet financé par la SFR Condorcet qui avait pour objectif d'étudier la valorisation de déchets de bois par voie enzymatique et fermentaire.

La chaire AFERE poursuit sa **collaboration avec l'URD ABI et la chaire CentraleSupélec** par le biais du projet réseau ESR en cours et portant sur la fermentation en milieu solide (FMS).

B. Implication dans des projets structurants et fédérateurs

Depuis sa création, la chaire a été impliquée dans l'élaboration de divers projets structurants et fédérateurs pour l'URCA et pour le territoire dans le domaine de la Bioéconomie :

- Projets **PIA EUR de l'URCA** (Ecole Universitaire de recherche **GAIA** (AAP 2018) et **REFINE-GS** (AAP 2019))
- Projet **PIA TIGA** (Territoire Innovant de Grande Ambition) **INNOBIOECO2**
- Projet **RTO** (Research and Technology Organization) **ALPHA**
- Projet **TI** (Territoires d'industrie) de Bazancourt-Pomacle

Dans le cadre de l'ESR, la chaire a participé à une stratégie de prospective par des réunions-visites avec le **Génoscope** (Evry) en novembre 2018, mai 2019, janvier 2020 et décembre 2021. Ceci s'est traduit par l'intégration de deux collègues du Génoscope dans les comités de thèse de 2 doctorants de la chaire. Par ailleurs, plusieurs pistes de réflexion sont actuellement explorées pour la mise en place de projets collaboratifs avec le Génoscope.

1.7. Comité de suivi de la chaire AFERE

Un comité de suivi de la chaire AFERE a été constitué et il comprend :

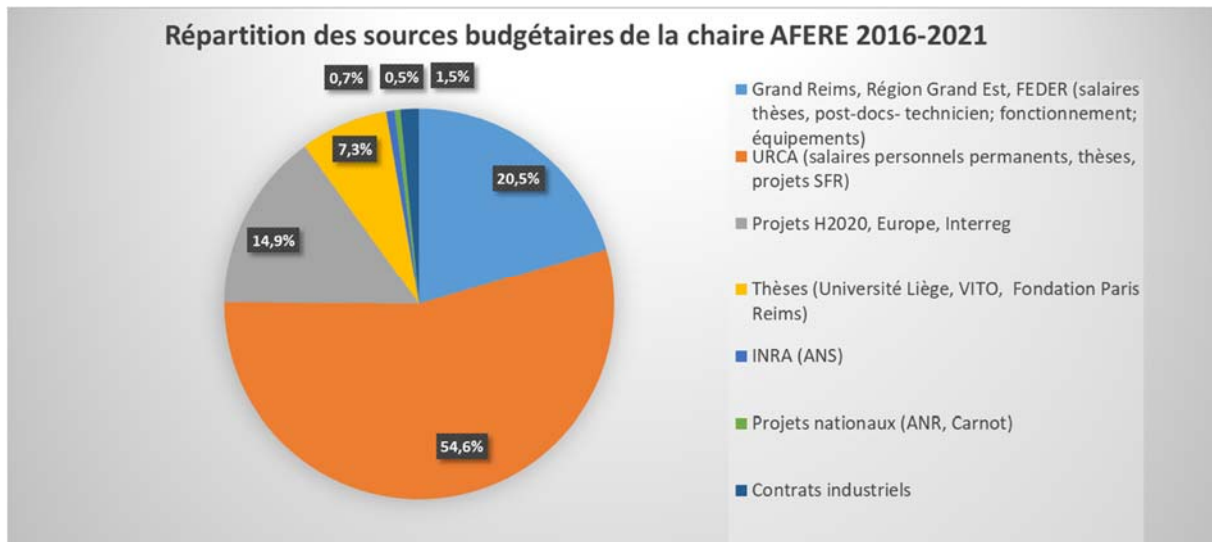
- des représentants de l'URCA : VP recherche, DREDI et pôle AEBB
- des représentants des collectivités territoriales : Grand Reims et Région Grand Est
- des experts extérieurs : Pr Catherine Sarazin de l'UPJV, Pr Henry-Eric Spinnler d'AgroParisTech, un représentant du pôle IAR
- le directeur de l'UMR FARE

Le comité s'est réuni annuellement depuis 2016 afin de prendre connaissance du bilan annuel des activités de la chaire : présentation du bilan des projets scientifiques, bilan des actions de communication et d'enseignement, bilan de la valorisation, bilan financier. Lors de la tenue de ces réunions, des recommandations ont été émises par les membres du comité.

1.8. Bilan financier de la phase 1

Durant la période 2016-2021, le budget total de la chaire AFERE s'élevait à 4 191 k€.

La répartition des sources budgétaires de la phase 1 de la chaire AFERE est la suivante :



La part la plus importante du budget (54,6% du budget total ; 2 290 k€) correspond aux apports de l'URCA par les salaires des personnels permanents de la chaire (1 professeur, 5 maîtres de conférence, 1 ingénieur de recherche, 1 technicien de recherche) et des personnels non permanents (ATER).

Le soutien du Grand Reims, de la région Grand Est et du FEDER représente la 2^{ème} part du budget de la chaire (20,5% du budget total ; 858 k€)

Ce soutien correspond au financement par le Grand Reims de 2 thèses, d'1 CDD technicien recherche de 2 ans, d'un budget permettant le fonctionnement de la chaire (achat des réactifs, de consommables) et d'un budget dédié à l'achat d'équipements. Plusieurs équipements ont été acquis grâce à ce budget investissement : 1 poste de sécurité microbiologique, 1 incubateur, 1 bioréacteur, 1 casseur de cellules, 1 thermocycleur, 1 équipement de qPCR, 1 spectrophotomètre et 1 enceinte anaérobie.

Le soutien financier de la Région Grand Est et du FEDER a permis le recrutement de 2 post-doctorants de 18 mois chacun et comportait un budget dédié au fonctionnement de la chaire (achat de réactifs et de consommables).

Le financement de la chaire par le biais de projets européens s'élève à 14,9% (624,6 k€).

Le financement de doctorants par des ressources extérieures à l'URCA s'élève à 7,3 % (304 k€).

Les contrats partenariaux industriels représentent 1,5 % du budget total de la chaire (64,8 k€).

Le soutien financier par des projets nationaux représente 0,5% du budget de la chaire (19,3 k€).

Conclusions concernant la phase 1 de la chaire AFERE

Grâce au soutien de l'URCA qui a conduit au recrutement de deux maîtres de conférences (2017 et 2018), d'un ingénieur de recherche (2017) et d'un technicien de recherche (2020), la chaire a acquis de nouvelles compétences dans le domaine des biotechnologies blanches (écologie microbienne, approches omiques, électrochimie). Cet élargissement des compétences a permis d'initier de nouvelles approches scientifiques et méthodologiques originales au sein de la chaire pour développer des procédés efficaces de conversion de la biomasse végétale mais aussi d'élargir le panel des molécules produites par voies fermentaire et biocatalytique.

Le soutien financier très important du Grand Reims, de la Région Grand Est et du FEDER lors de la phase 1 a permis à la chaire **d'amorcer une dynamique importante** en permettant :

- d'acquérir un parc d'équipements indispensables pour mener à bien des expérimentations en microbiologie et en biologie moléculaire (voir photos ci-dessous).
- de mener les expérimentations grâce l'achat de consommables et de réactifs divers,
- de recruter deux post-doctorants et une technicienne de recherche qui ont été impliqués dans plusieurs projets de recherche développés au sein de la chaire.

Grâce à ce soutien, (1) la production d'enzymes par une bactérie a été optimisée (travaux de l'un des post-doctorants), (2) un procédé de fermentation solide a été développé en colonnes afin de mieux étudier certains paramètres tels que la respiration des souches fongiques (travaux de l'un des post-doctorants), (3) de nouvelles souches microbiennes d'intérêt ont été découvertes et étudiées pour la production de pigments (travail de la technicienne de recherche).

Tous ces travaux sont valorisés par des articles scientifiques et ont permis de conduire au dépôt de projets dans le cadre d'appels à projets nationaux et/ou européens.

Dans sa phase 1, la chaire AFERE a atteint ses objectifs initiaux qui étaient **d'accroître la visibilité de l'URCA dans le domaine des biotechnologies blanches**, de **participer à la dynamique régionale de l'innovation dans le domaine des biotechnologies blanches** dans la logique S3 et à **l'essor d'une bioéconomie régionale aux ambitions européenne et internationale**. En effet, parmi les faits marquants de la phase 1 de la chaire sur le plan de la recherche académique et partenariale ainsi qu'au niveau de l'enseignement supérieur, on peut citer que :

- la chaire a participé à un projet H2020 pour la production de bioéthanol 2G à partir de ressources végétales locales,
- la chaire a coordonné un projet Interreg France-Wallonie-Flandres qui visait la production de tensioactifs biocourcés à partir de son de blé,
- Depuis 2020, la chaire a obtenu le financement de plusieurs projets nationaux et européens (projet européen IBISBA, projet JCJC ANR, projet Carnot Qualiment et 3BCAR),
- depuis 2019, la chaire a eu 6 contrats partenariaux avec des industriels,
- la chaire est fortement impliquée dans le master *Erasmus mundus* Bioceb qui attire des étudiants internationaux d'excellence sur notre territoire,
- la chaire est fortement investie dans la formation des cadres de futures industries dans le domaine de la bioéconomie par le biais du Master Biotechnologies Chimie du Végétal Bioéconomie de l'URCA (C. Rémond, responsable du master).

2. Projet de la phase 2 de la chaire AFERE (2021-2026)

Consciente de ses atouts, la chaire AFERE a fait le choix d'un programme scientifique de phase 2 ambitieux et audacieux, qui capitalisera sur ses avantages comparatifs de la phase 1 et qui permettra une accélération et une amplification des résultats et impacts.

La philosophie initiale d'innover pour répondre aux défis scientifiques et sociétaux de la bioéconomie avec une exigence de réalité, de compétitivité et de développement durable sera bien évidemment maintenue. L'importance des collaborations et de la mise en réseau sera accentuée, notamment sur le volet industriel afin de permettre le transfert d'innovation.

Pour ce faire, la seconde phase de la chaire aura pour objectifs d'intensifier ce qui a été mis en place lors de la phase 1 tant au niveau de la recherche qu'au niveau de l'enseignement. Il s'agira d'asseoir la visibilité de l'URCA et du territoire régional à l'échelle nationale et internationale dans le domaine des biotechnologies blanches.

Le projet scientifique de la chaire AFERE sera comme pour la phase 1 au cœur du projet scientifique de l'UMR INRAE-URCA FARE ceci en émargeant aux thématiques développées au sein de FARE : thème « déconstruction biologique », thème 2 « agro-molécules-agromatériaux », thème transversal « modélisation de la déconstruction des lignocelluloses », thème transversal « compromis dans les usages des biomasses lignocellulosiques ».

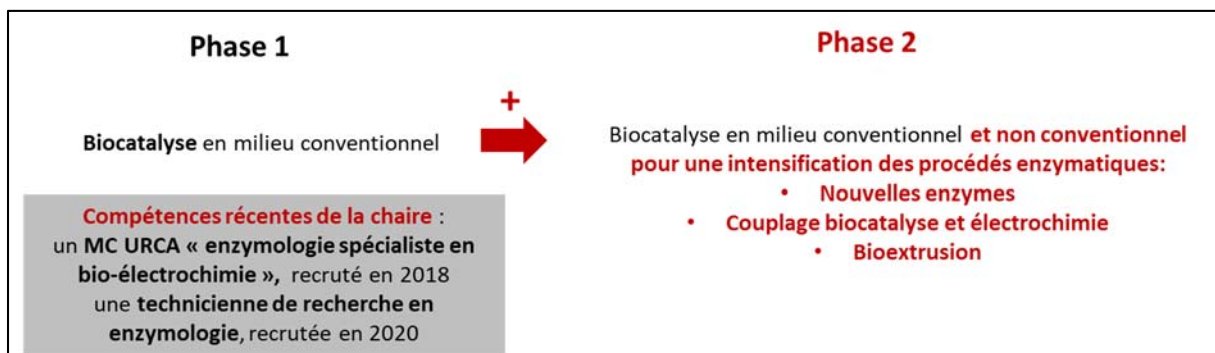
Par ailleurs, le projet de phase 2 de la chaire sera partie intégrante de la stratégie du pôle AEBB de l'URCA et devra s'articuler avec les recherches menées au sein des chaires ABI, CentraleSupélec et Néoma Business School du CEBB.

2.1. Projet scientifique pour la phase 2

Le projet scientifique pour la phase 2 sera basé sur les compétences développées lors de la phase 1 et comportera deux volets.

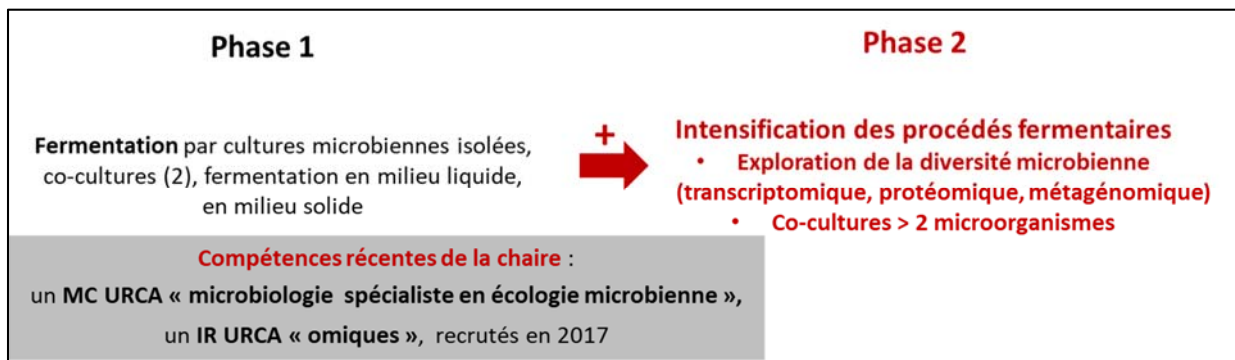
- Le **premier volet visera à intensifier les procédés biocatalytiques afin de développer de nouvelles voies de production de biomolécules à haute valeur ajoutées issues du végétal**. Il s'agira notamment de développer des réactions biocatalytiques variées (hydrolyse, glycosylation, estérification, oxydo-réduction) pour fractionner la biomasse végétale et conférer aux molécules issues du fractionnement un caractère **multifonctionnel** pour élargir le spectre d'application des molécules d'intérêt. Plusieurs approches de biocatalyse en milieu non conventionnel seront développées telles que la bioextrusion. Une approche originale visant à produire des molécules phénoliques à partir de lignines sera développée en **hybridant biocatalyse et électrochimie**.

Le schéma ci-dessous résume l'évolution thématique pour la phase 2 de la chaire AFERE :



- **Le deuxième volet aura pour objectif d'intensifier les procédés fermentaires en explorant la diversité microbienne encore trop peu exploitée et en optimisation la bioproduction de molécules d'intérêt.** Les microorganismes produisent une multitude d'enzymes nécessaires au fractionnement du végétal et sont également des usines cellulaires produisant une multitude de molécules d'intérêt par voie fermentaire (ex : éthanol, diacides, métabolites secondaires, ...). L'objectif sera ici d'explorer la diversité naturelle des microorganismes afin d'identifier les microorganismes les plus prometteurs capables d'utiliser les co-produits et résidus lignocellulosiques en tant que sources de carbone pour produire des molécules d'intérêt : enzymes et métabolites secondaires microbiens. Alors que dans la phase 1, les approches développées étaient principalement des cultures isolées de bactéries et de champignons filamenteux, dans la phase 2, il s'agira de développer des procédés de co-cultures microbiennes visant à mettre en place des effets complémentaires et synergiques des souches. Cette approche de co-cultures devrait permettre d'optimiser l'utilisation des sources de carbone lignocellulosiques peu onéreuses et d'accroître les rendements de production des molécules d'intérêt. Les modalités de culture des microorganismes seront la fermentation en milieu liquide et en milieu solide. Dans ce contexte, nous poursuivrons nos travaux sur la production de pigments microbiens débutés en phase 1 mais pourrons également élargir cette approche à d'autres biomolécules d'intérêt.

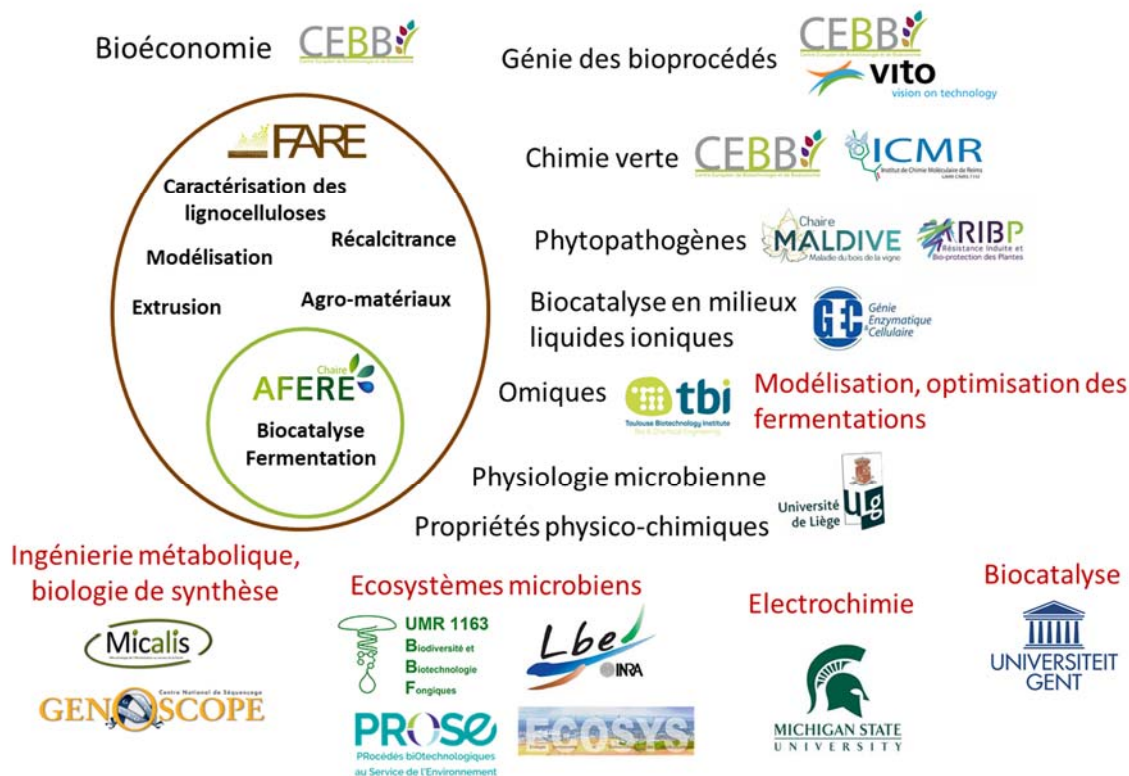
Le projet de phase 2 est schématisé ci-dessous :



Le développement de la phase 2 de la chaire pourra se faire grâce aux compétences nouvellement arrivées et parfaitement bien intégrées au sein de la chaire (2 maîtres de conférences et 1 ingénieur de recherche spécialistes en écologie microbienne, en biocatalyse couplée à l'électrochimie et en approches « omiques », 1 technicien de recherche en enzymologie) mais nécessitera également la mise en place de **nouvelles collaborations nationales et internationales** comme explicité au niveau de la figure ci-dessous. La construction de ces nouvelles collaborations sera facilitée par l'accès aux réseaux des nouveaux arrivés qui ont été recrutés en externe. Lors de sa **phase 1**, la chaire a mis en place des collaborations : (1) au niveau du territoire régional : ICMR (URCA), chaires MALDIVE et chaire MAGICS (URCA), URD ABI et chaire CentraleSupélec (CEBB), (2) au niveau national : UPJV (Amiens), TBI (Toulouse), MICALIS (Jouy en Josas), BBF (Marseille), (3) au niveau européen : Université de Liège (BE), VITO (BE).

Pour la **phase 2**, il s'agira de maintenir actives ces collaborations mais également de collaborer avec des laboratoires et établissements dont les compétences permettront de mettre en place des approches d'ingénierie métabolique et de biologie de synthèse (Génoscope Evry, Micalis), des approches d'écologie microbienne (LBE Narbonne, BBF Marseille, Ecosys Grignon, PROSE Jouy-en-Josas) et de modélisation et optimisation de la fermentation (TBI Toulouse), des approches d'électrochimie (Université Michigan State, USA) et des approches biocatalytique (Université de Ghent).

Nouvelles collaborations ciblées en phase 2



Pour amorcer la phase 2, que ce soit sur le plan scientifique ou financier, **plusieurs projets coordonnés par la chaire ou au sein desquels la chaire est partenaire ont d'ores et déjà été soumis à divers appels à projets en 2021**: 1 projet ANR JCJC, 1 projet ANR PRC porté par la chaire, 3 projets ANR PRC impliquant la chaire, 1 projet EC2CO. Un projet Horizon Europe porté par FARE et impliquant la chaire sera déposé en 2022. La chaire est impliquée dans plusieurs projets PEPR en cours de montage.

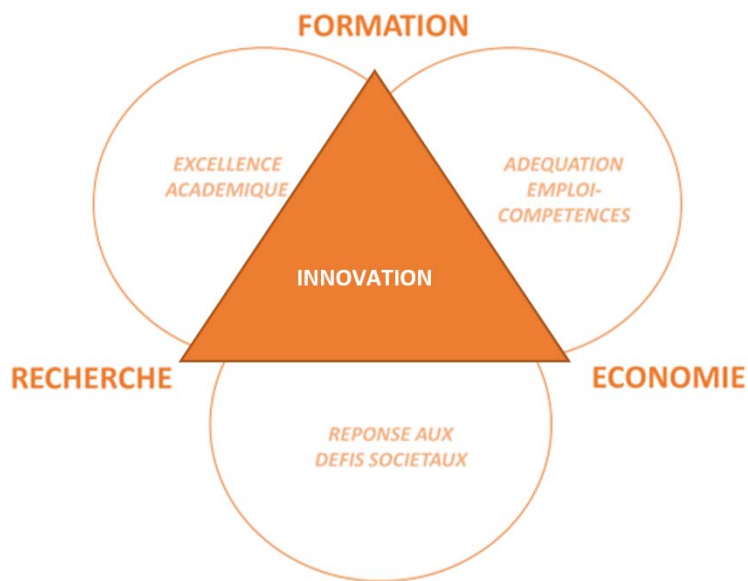
Enfin, l'un des objectifs de la phase 2 sera **d'intensifier les partenariats industriels afin de faciliter le transfert d'innovation**. Plusieurs actions permettront d'atteindre cet objectif : les projets en cours financés par les Instituts Carnot 3BCAR et Qualiment, le support de la SFR Condorcet qui a par exemple conduit au dépôt à l'AAP ANR 2022 d'un projet visant la valorisation du marc de café avec la société Oma Coffee et au sein duquel la chaire AFERE est partenaire, le support du CEBB grâce auquel la chaire participe régulièrement à des événements et des réunions avec divers acteurs industriels.

Des contacts ont été récemment établis avec deux industriels et une start-up, ce qui a conduit à la signature de NDA et à l'organisation de réunions visant à mettre en place des projets partenariaux qui devraient débiter dès 2022.

Lors de la 2^{ème} phase de la chaire, il sera également nécessaire d'avoir une stratégie prospective auprès d'industriels en participant notamment à des événements organisés par le pôle IAR. Il est à noter que depuis 2021, la chaire est impliquée dans le GT Bioénergies du pôle IAR.

2.2. Projet de formation

L'une des forces de la chaire est d'être une chaire d'enseignement et de recherche, et non uniquement de recherche. Elle se trouve donc à l'intersection de ce qui est communément appelé triangle de l'innovation où recherche, formation et tissu socio-économique interfèrent s'alimentant les uns les autres de leurs besoins, de leurs freins rencontrés, etc. De par ses activités, elle est donc doublement au service des entreprises puisque, en terme de recherche, ses activités permettent de lever les verrous scientifiques/technologiques rencontrés par les industriels, et, en terme de formation, ses activités permettent de former des étudiants dont les compétences répondent aux besoins du marché du travail (facilitant par ce biais la diffusion des connaissances au tissu socio-économique).



Ainsi, la chaire AFERE poursuivra sa forte implication dans les formations de l'URCA et plus particulièrement au niveau de la Licence Sciences de la Vie, du Master Biologie AgroSciences parcours Biotechnologies Chimie du Végétal Bioéconomie et du Master *Erasmus mundus* Bioceb. La chaire s'investira dans les futurs projets d'enseignement de l'URCA dans le domaine de la bioéconomie. Une réflexion sera menée lors de la phase 2 afin de développer un projet de formation continue au niveau du territoire dans le domaine des biotechnologies blanches afin de former des techniciens et cadres de l'industrie. Cette réflexion se fera dans le cadre du CMQ Bioraffinerie végétale et biotechnologies industrielles et dans le cadre du projet Bioeco Academy du PIA « Territoires d'innovation pédagogique » dont l'URCA est lauréat.

2.3. Plan de financement pour la phase 2

Le développement de la phase 2 va requérir des moyens humains, l'acquisition d'équipements ainsi qu'un budget de fonctionnement permettant l'achat de consommables et la réalisation de missions.

Plan de financement pour la phase 2

Le développement de la phase 2 va requérir des moyens humains, l'acquisition d'équipements ainsi qu'un budget de fonctionnement permettant l'achat de consommables et la réalisation de missions. Le plan de financement envisagé est le suivant :

	2022	2023	2024	Total
Financements acquis				
Part URCA				
Salaires URCA : 1 PR, 5 MC, 1 IR, 1 AI 50%, 1 TR	460 k€	460 k€	460 k€	1380 k€
Thèses en cours (financements URCA, Fondation Paris Reims, Grand Reims, Région Grand Est)				
Thèses débutées avant 2022	15,5 k€ (Carameel) 31 k€ (Openzyme) 31 k€ (LinPlus) <u>Total : 77,5 k€</u>	31 k€ (Openzyme) 31 k€ (LinPlus) <u>Total : 62 k€</u>	15,5 k€ (Openzyme) 15,5 k€ (LinPlus) <u>Total : 31 k€</u>	171 k€
Projets financés				
Projet ESR FMS	10 k€			10 k€
Projet ColorANTH Carnot 3BCAR et Qualiment	54,2 k€	0,8 k€		55 k€
Projet Méthanisation Carnot 3BCAR	2,1 k€			2,1 k€
Projet ANR JCJC Valbioelec	50 k€	50 k€	50 k€	150 k€
Projet européen IBISBA	50 k€			50 k€
Projet PIU INRAE Agroecosystem (Gloworms)	8 k€	3 k€		11 k€
Projet partenarial société Méthagroupe	8,7 k€			8,7 k€
Total thèses en cours et projets financés: 457,8 k€				
Total financement acquis : 1837,8 k€				
Financements sollicités				
Part URCA				
Recrutements prévus : 1 TR et 1 MC	25 k€ (TR)	25 k€ (TR)	25 k€ (TR) 39 k€ (MC)	114 k€
Collectivités territoriales				
Grand Reims, Grand Est, FEDER	140 k€ investissement 40 k€ fonctionnement	90 k€ investissement 40 k€ fonctionnement	40 k€ investissement 40 k€ fonctionnement	270 k€ investissement 120 k€ fonctionnement Total : 390 k€
CPER				
CPER BIOECO-GE	400 k€ (microbio-réacteurs)		400 k€ (bioréacteurs couplés LC-MS)	800 k€
Réponses AAP nationaux, européens, partenariats industriels				
Projets déposés dans AAP 2022 (en attente de réponse) : 5 projets ANR, 1 projet EC2Co, 1 Horizon Europe <i><u>D'autres projets (non pris en compte ici) seront déposés en 2023 et 2024</u></i>	102,4 k€ (ANR PRC CosMoPoly) 58 k€ (ANR PRC Photox) 68,5 k€ (ANR PRC Mangrobiome) 10 k€ (ANR PRC Avomarc) 227 k€ (ANR JCJC Envirsynth) 28,4 k€ (EC2CO NovaCultMic) 114 k€ (Horizon Europe Modelcarbio)			608 k€
Projets partenariaux industriels (en cours de montage)	100 k€			100 k€
Thèses				
AAP URCA	2 thèses			200 k€
CIFRE (dépôt projet en novembre 2021)	40 k€	40 k€	40 k€	120 k€
Total financements sollicités : 2 332 k€				
Financement total : 4 169,8 k€				

Le budget total de la chaire pour la phase 2 est estimé à 4 169,8 k€.

Le financement déjà acquis (masse salariale URCA, thèses débutées en phase 1, projets financés acquis en phase 1) correspond à **1837,8 k€, soit 45,15% du budget total** pour la phase 2.

Les **financements qui seront sollicités** pour la phase 2 s'élèvent à **2 332 k€** (sans prendre en compte les réponses aux AAP en 2023 et 2024) auprès de l'ANR, de l'Europe, ...).

Le plan de financement prévoit **le recrutement de 2 personnels par l'URCA**: 1 technicien de recherche en microbiologie et un maître de conférences en microbiologie (ingénierie de souches microbiennes). Ces moyens humains s'avèrent nécessaires au développement des activités de la chaire tant au niveau recherche qu'enseignement et permettront également (pour le poste TR) de participer à la mise en place du volet Biotechnologies de la future UAR de l'URCA.

Le plan de financement prévoit que le **budget des collectivités territoriales s'élève à 390 k€ soit 9,3% du budget total** de la chaire pour la période 2022-2024 et **16,7% du budget total sollicité**. Le financement par les collectivités territoriales permettrait d'acquérir des équipements indispensables pour développer la phase 2 de la chaire et de contribuer au fonctionnement de la chaire.

Il est à noter que **plusieurs projets ont été déposés en 2021** et sont en attente de réponse (5 projets ANR, 1 projet EC2CO, 1 thèse CIFRE) ; de même **plusieurs projets sont en préparation** pour dépôt (PEPR, Horizon 2020, ADEME, projets partenariaux avec des industriels). Le dépôt de plusieurs projets en réponses aux AAP nationaux et internationaux est prévu également en 2023 et 2024.

Annexe 1 : valorisation scientifique 2016-2021

23 PUBLICATIONS DANS DES REVUES INTERNATIONALES ACL POUR LA PERIODE 2016-2021 :

1. Chatron-Colliet, C. Brusa, I. Bertin-Jung, S. Gulberti, N. Ramalanjaona, S. Fournel-Gigleux, S. Brézillon, M. Muzard, R. Plantier-Royon, C. Rémond, Y. Wegrowski. 2017. Click xylosides as initiators of the biosynthesis of glycosaminoglycans: comparison of mono-xylosides to xylobiosides. *Chemical Biology & Drug Design*. 89 : 319-326.
2. A. Bettache, A. Messis, E. Copinet, M. Kecha, N. Boucherba, N. Belhemiche, F. Duchiron, S. Benallaoua. 2017. Isolation, Screening of endoglucanase producing actinomycetes and identification of the potent isolate B-PNG23. *Environmental Engineering and Management Journal*. 16 (10) : 2231-2238
3. S. Dupoirion, M.L. Lameloise, M. Pommet, O. Bennaceur, R. Lewandowski, F. Allais, A. R. S. Teixeira, C. Rémond, H. Rakotoarivonina. A novel and integrative process: From enzymatic fractionation of wheat bran with a hemicellulasic cocktail to the recovery of ferulic acid by weak anion exchange resin. 2017. *Industrial Crops and Products*. 105: 148-155. Collaboration chaire AFERE – chaire ABI
4. S. Gatard, R. Plantier-Royon, C. Rémond, M. Muzard, C. Kowandy, S. Bouquillon. Preparation of new β -D-xyloside- and β -D-xylobioside-based ionic liquids through chemical and/or enzymatic reactions. 2017. *Carbohydrate Research*. 451: 72-80.
5. K. Kansou, C. Rémond, G. Paès, E. Bonnin, J. Tayeb, B. Bredeweg. Testing scientific models using Qualitative Reasoning: Application to cellulose hydrolysis. 2017. *Scientific Reports*. 7: 17122.
6. E. Husson, T. Auxenfans, M. Herbaut, M. Baralle, V. Lambertyn, H. Rakotoarivonina, C. Rémond, C. Sarazin. Sequential and simultaneous strategies for biorefining of wheat straw using room temperature ionic liquids, xylanases and cellulases. 2018. *Bioresource Technology*. 251 : 280-287.
7. T. Méline, M. Muzard, M. Deleu, H. Rakotoarivonina, R. Plantier-Royon, C. Rémond. D-Xylose and L-arabinose laurate esters: Enzymatic synthesis, characterization and physico-chemical properties. 2018. *Enzyme Microbial Technology*. 112 : 14-21.
8. S. Dupoirion, M.L. Lameloise, M. Bedu, R. Lewandowski, C. Fargues, F. Allais, A. Teixeira, H. Rakotoarivonina, C. Rémond. Recovering ferulic acid from wheat bran enzymatic hydrolysate by a novel and non-thermal process associating weak anion-exchange and electrodialysis. 2018. *Separation and Purification Technology*. 200: 75-83. Collaboration chaire AFERE – chaire ABI
9. C. Brusa, N. Belloy, D. Gérard, M. Muzard, M. Dauchez, R. Plantier-Royon, C. Rémond. Exploring the aglycone subsite of a GH11 xylanase for the synthesis of xylosides by transglycosylation reactions. *J. Biotechnol.* 2018. 272-273 : 56-63. Collaboration chaire AFERE – chaire MAGICS
10. M. Araya-Farias, E. Husson, J. Saavedra-Torrico, D. Gérard, R. Roulard, I. Gosselin, H. Rakotoarivonina, V. Lambertyn, C. Rémond and C. Sarazin. Wheat bran pretreatment by room temperature ionic liquid-water mixture: optimization of process conditions by PLS-Surface Response Design. *Frontiers in Chemistry*. 2019. 7: 585.
11. L. Besaury and C. Rémond. Draft genome of *Saccharibacillus* sp. WB 17, isolated from wheat phyllosphere. *Microbiology Resource Announcements*. 2020. 9 (7).
12. A. Bettache, E. Copinet, Z. Azzouz, N. Boucherba, C. Bouiche, S. Hamma, R. Maibeche, F. Duchiron, S. Benallaoua. *Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences* 2020. 10 :284-288
13. F. Allais, X. Coqueret, T. J. Farmer, W. D. Raverty, C. Rémond, G. Paès. From Biomass to Advanced Bio-Based Chemicals & Materials: A Multidisciplinary Perspective ; *Frontiers in Chemistry*. 2020. 8 (131). [doi: 10.3389/fchem.2020.00131](https://doi.org/10.3389/fchem.2020.00131)
14. D. Gérard, T. Méline, M. Muzard, M. Deleu, R. Plantier-Royon, C. Rémond. Enzymatically-synthesized xylo-oligosaccharides laurate esters as surfactants of interest. *Carbohydrate Research*. 2020. 495: 108090.
15. C. Jocquel, M. Muzard, R. Plantier-Royon, C. Rémond. An integrated enzymatic approach to produce pentyl xylosides and glucose/xylose laurate esters from wheat bran. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*. 2021. 9: 647422. [doi: 10.3389/fbioe.2021.647442](https://doi.org/10.3389/fbioe.2021.647442).
16. Ivaldi C., Daou M., Vallon L., Bisotto A., Haon M., Garajova S., Bertrand E., Faulds C.B., Sciara G., Jacotot A., Marchand C., Hugoni M., Rakotoarivonina H., Rosso M.N., Rémond C., Luis P. and Record E.

- Screening New Xylanase Biocatalysts from the Mangrove Soil Diversity. *Microorganisms*. 2021, 9, 1484. <https://doi.org/10.3390/microorganisms9071484>
17. Cassarini M., Besaury L., Rémond C. Valorisation of wheat bran to produce natural pigments using selected microorganisms. *Journal of Biotechnology*. 2021. 339. 81-92. <https://doi.org/10.1016/j.jbiotec.2021.08.003>
 18. Bakan B., Bernet N., Bouchez T., Boutrou R., Choubert J.M., Dabert P., Duquennois C., Ferraro V., García-Bernet D., Gillot S., Mery J., Rémond C., Steyer J.P., Trably E., Tremier A. Research challenges for a circular economy of organic residues and wastewater. *Waste and Biomass Valorization*. 2021. <https://doi.org/10.1007/s12649-021-01549-0>
 19. Besaury, L., Floret, J., Rémond, C. *Sphingobacterium prati* sp. nov., isolated from agricultural soil and involved in lignocellulose deconstruction. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*. 2021.71(8), 004963. [DOI: 10.1099/ijsem.0.004963](https://doi.org/10.1099/ijsem.0.004963)
 20. Rios Rios K., Dejonghe W., Vanbroekhoven K., Rakotoarivonina H., Rémond C. Enzymatic production of xylo-oligosaccharides from wheat bran and the impact of their degree of polymerization and substituents on their utilization as carbon source by probiotic bacteria. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*.2021. 69(44):13217-13226. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.1c02888>
 21. Besaury L., Martinet L., Mühle E., Clermont D., Rémond C. *Streptomyces silvae* sp. nov., isolated from forest soil. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*. 2021. 71: 004963. [DOI 10.1099/ijsem.0.004963](https://doi.org/10.1099/ijsem.0.004963)
 22. Gerbin E., Rivière GN., Foulon L., Frapart YM., Cottyn B., Pernes M., Marcuello C., Godon B., Gainvors-Claisse A., Crônier D., Majira A., Österberg M., Kurek B., Baumberger S., Aguié-Béghin V. Tuning the functional properties of lignocellulosic films by controlling the molecular and supramolecular structure of lignin. *Int J Biol Macromol*. 181:136. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2021.03.081>
 23. Khalil H., Legin E., Kurek B., Perre P. and Taidi B. Morphological growth pattern of *Phanerochaete chrysosporium* cultivated on different *Miscanthus x giganteus* biomass fractions. *BMC Microbiology* 2021 21:318

2 ARTICLES DE VULGARISATION POUR LA PERIODE 2016-2021 :

Chimie du végétal et produits innovants à forte valeur ajoutée. L'actualité Chimique. Mars-avril 2018.

A. Alabdul-Magid, C. Bliard, S. Boudesocque, S. Bouquillon, X. Coqueret, L. Dupont, F. EdwardsLévy, S. Gérard, C. Guillermain, E. Guillon, A. Haudrechy, N. Hoffmann, J. Hubert, C. Kowandy, C. Lavaud, A. Mohamadou, M. Muzard, R. Plantier-Royon, C. Rémond, J. Sapi, S. Sayen, G. Tataru, JH. Renault.

Fermentation en milieu solide. F. Duchiron et E. Legin-Copinnet. *Techniques de l'ingénieur*. Juin 2019.

1 RAPPORT DE VULGARISATION POUR LA PERIODE 2016-2021 :

C. Rémond, R. Plantier-Royon, L. Debatty, L. Brousmitche, M. Deleu, C. Sarazin, E. Husson, S. Serlet, M. García Marta, W. Dejonghe, Y. Satyawali. Décembre 2020

<https://www.wheatbransurfactants.eu/fr/>

1 CHAPITRE D'OUVRAGE POUR LA PERIODE 2016-2021 :

Chapitre « Microbiologie environnementale » de l'ouvrage « Introduction à la microbiologie » Editions Dunod (2019).

15 COMMUNICATIONS ORALES POUR LA PERIODE 2016-2021 :

1. Méline T., Muzard M., Deleu M., Rakotoarivonina H., Plantier-Royon R., Rémond C. Enzymatic synthesis of xylose and arabinose based fatty acid esters and evaluation of their surfactant properties. 12th Renewable Resources and Biorefineries. 30 mai - 1 juin 2016. Ghent. Belgium.
2. Dupoirion, S., Rakotoarivonina H., Allais F., Lameloise ML., Rémond C. Hydrolysis of wheat bran with thermostable hemicellulase cocktails to produce ferulic acid and pentoses. Exploring lignocellulosic biomass! Reims, 23-24 juin 2016.

3. Méline T., Muzard M., Deleu M., Rakotoarivonina H., Plantier-Royon R., Rémond C. Pentoses based esters: enzymatic synthesis and properties. Exploring lignocellulosic biomass! Reims, 23-24 juin 2016.
4. Méline T., Muzard M., Deleu M., Rakotoarivonina H., Plantier-Royon R., Rémond C. Enzymatic synthesis of xylose and arabinose based fatty acid esters and evaluation of their surfactant properties. International Symposium of Green Chemistry. 16-19 mai 2017. La Rochelle.
5. Janssen R. et al. The BabetReal5 project. 6th International Conference on Lignocellulosic Ethanol. 27-28 September 2017, Brussels, Belgium
6. H. Rakotoarivonina, L. Besaury, C. Rémond. Fractionation of lignocellulose by a thermophilic bacterium: from the physiological studies of a model strain to omic analyses. Management des ressources microbiennes; 2ème journées recherche-industries. Narbonne. 29-31 mai 2018.
7. C. Rémond, T. Méline, D. Gérard, H. Rakotoarivonina, M. Muzard, R. Plantier-Royon, M. Deleu. Enzymatically-synthesized alkyl pentosides and pentose-based esters, as surfactants of interest. Exploring Lignocellulosic Biomass. Reims. 26-29 juin 2018.
8. T. Méline, V. Loux, L. Guttierrez, G. Mongelard, P. Couthino, C. Doliwa, C. Rémond, H. Rakotoarivonina. Genomic and transcriptomic analyses of a hemicellulolytic thermostable bacterium reveal its potentiality and adaptability for an efficient biomass fractionation. Exploring Lignocellulosic Biomass. Reims. 26-29 juin 2018.
9. H. Rakotoarivonina, L. Besaury, C. Ivaldi, C. Rémond. Microbial approaches for the fractionation and the valorization of lignocellulosic biomasses. Journée inaugurale du GIS Microbiologie Grand Est. Strasbourg. 6 novembre 2018.
10. C. Rémond. La biocatalyse pour convertir la biomasse lignocellulosique en molécules fonctionnelles. Journée AllEnvi Bois & Chimie, Maisons Alfort. 11 décembre 2018.
11. C. Rémond, M. Muzard, R. Plantier-Royon. Biocatalysis to produce surfactants and biologically active molecules from xylans and lignocellulosic biomass. 15th International Conference on Renewable Ressources and Biorefineries. Toulouse. 3-5 juin 2019
13. Rios-Rios K, Dejonghe W., Rémond C. Semi-continuous and continuous production of xylo-oligosaccharides by combining biocatalysis and membrane technology. 3rd international Conference for Bioresource Technology for Bioenergy, Bioproducts & Environmental Sustainability On line. 17-19 may 2021.
14. Rios Ríos K., Van Hecke W., Van Roy S. Vangeel S., Vanbroekhoven K., Rémond C., Dejonghe W. Semi-continuous and continuous production of xylo-oligosaccharides by combining biocatalysis and membrane technology. Renewable Ressources & Biorefineries. 6-8 septembre 2021, Aveiro, Portugal.
15. Rémond. C. Muzard M., Plantier-Royon R. Biocatalysis to produce alkyl glycosides and sugar esters from wheat bran. 28ème colloque du Club biocatalyse en synthèse organique. 28 sept- 1er octobre 2021. Lège Cap Ferret

15 CONFERENCES INVITEES POUR LA PERIODE 2016-2021 :

1. Rémond. Les hémicellulases, outils de déconstruction des lignocelluloses et de fonctionnalisation des pentoses. GDR Symbiose, Autrans, 26-29 avril 2016.
2. Rémond. Glycoside hydrolases as enzymatic tools for the functionalization of carbohydrates. Groupe Français des Glycosciences, Aussois, 23-26 mai 2016.
3. Rémond. Hemicellulases as enzymatic tools to functionalize pentoses from biomass. CBSO-Club Biocatalyse en Synthèse Organique, Evian-Les-Bains, 7-10 juin 2016.
4. Rémond. Enzymatic and chemo-enzymatic functionalization of pentoses from lignocelluloses: access to surfactants and biologically active molecules. Exploring lignocellulosic biomass! Reims, 23-24 juin 2016.
5. Rémond. Valorisation du son de blé en molécules tensio-actives. Commission Biomolécules du pôle IAR. Paris. 6 juin 2017.
6. C. Rémond. Enzymatic functionalization of vegetal pentoses to access new biobased surfactants. Séminaire Enzymes for sustainable innovation in cosmetics. Centre de Recherche L'Oréal. Aulnay-Sous-Bois. 8 juin 2017.
7. C. Rémond. Valorisation du son de blé en molécules tensio-actives. Atelier tensioactifs biosourcés. UIC Normandie et Nov&aTech, Saint Etienne du Rouvray. 29 mars 2018.

8. C. Rémond H. Rakotoarivonina. L'extraction enzymatique de pentoses à partir de biomasses lignocellulosiques permet l'obtention de monosaccharides, d'oligosaccharides et de molécules phénoliques. Journée thématique Extraction, SFR Condorcet. Reims. 11 avril 2018.
9. C. Rémond. Biotechnologies blanches pour la valorisation de la lignocellulose : de la recherche au transfert industriel. SINAL. Châlons en Champagne. 29-30 mai 2018.
10. C. Rémond. La biocatalyse pour fractionner les hémicelluloses et produire des molécules tensio-actives et bioactives. Journée technique Extractis : Biocatalyse et Procédés pour une chimie durable : du ballon au bioréacteur. Dury. 15 novembre 2018.
11. C. Rémond. L'utilisation de co-produits agricoles et industriels au coeur du développement des bioraffineries. Colloque 2019 Maison des Sciences Humaines : l'Europe, Reims. 16 mai 2019.
12. C. Rémond. Greener and intensified enzymatic approaches for biosurfactant production. Colloque Sustainable bio-based surfactants TEBIO. Biocitech, Romainville-Grand Paris. 4-5 juillet 2019.
13. Rémond C. Approche intégrée pour la synthèse enzymatique d'alkyl glycosides et d'esters de sucre à partir de son de blé. Evènement final du projet Interreg ValBran (Webinaire). 2 décembre 2020
14. Rémond C. Biocatalysis to produce alkyl glycosides and sugar esters from wheat bran. International Conference on Biobased Surfactants. Virtual conference organized by Flanders Biobased Valley, Biobase Europe Pilot Plant and Inbio. 15 Décembre 2020.
15. Rémond C. Les biotechnologies blanches pour la production de pigments microbiens et de colorants végétaux. Journées Techniques IAR Colorants et pigments naturel. 3-4/11/2021, Béthune.

12 COMMUNICATIONS PAR AFFICHE POUR LA PERIODE 2016-2021 :

1. S. Zhou, V. Gaillet, J. Tayeb, J-C Sigoillot, E. Copinet, F. Duchiron. Optimisation of fungal pretreatment of *Miscanthus x giganteus* for ethanol production. European Workshop on Lignocellulosics and Pulpe, Autrans. 28 juin au 1er juillet 2016.
2. S. Dupoirion, H. Rakotoarivonina, M. Pommet, F. Allais, A. Teixeira, M.L. Lameloise, C. Rémond. Enzymatic hydrolysis of wheat bran and separation of the ferulic acid fraction from the carbohydrate fraction. 12th Renewable Resources and Biorefineries. 30 mai - 1 juin 2016. Ghent.
3. L. Besaury, H. Rakotoarivonina, C. Rémond. The phyllosphere as a new niche of lignocellulolytic microorganisms. Exploring Lignocellulosic Biomass. Reims. 26-29 juin 2018.
4. D. Gérard, C. Rémond, H. Rakotoarivonina, C. Rotolo, R. Plantier-Royon, M. Muzard, C. Sarazin, E. Husson, I. Gosselin, M. Arayas Farias, M. Deleu, L. Debatty, W. Dejonghe, Y. Satyawali, S. Serlet. ValBran : valorization of wheat bran into green surfactants. Exploring Lignocellulosic Biomass. Reims. 26-29 juin 2018.
5. H. Rakotoarivonina, T. Nguema Nkili, F. Korovine, C. Ivaldi, C. Rémond. Development of lignocellulosic biomass adapted hemicellulases pretreatment. Exploring Lignocellulosic Biomass. Reims. 26-29 juin 2018.
6. E. Copinet, V. Gaillet, G. Alavoine, C. Rémond. Which type of fungal inoculum is suited for degradation of miscanthus, under non-sterile solid-state cultivation, on pre-pilot fermenter. Exploring Lignocellulosic Biomass. Reims. 26-29 juin 2018
7. M. Araya-Farias, E. Husson, D. Gérard, V. Lambertyn, I. Gosselin, R. Roulard, C. Rémond, C. Sarazin. Wheat Bran pretreatment by Room Temperature Ionic Liquid-water mixture: Optimization of operating conditions by screening design. Exploring Lignocellulosic Biomass. Reims. 26-29 juin 2018.
8. C. Ivaldi, T. Nkili, C. Rémond, H. Rakotoarivonina. Dynamic strategies of hemicellulases production for an efficient lignocellulosic biomass fractionation. 13th Carbohydrate Engineering Meeting. Toulouse. 19-22 mai 2019.
9. L. Besaury and C. Rémond. Bottom-up and top-down approaches to fractionate and valorize lignocellulose. IXe Colloque de l'Association Francophone d'Ecologie Microbienne. Bussang. 5-8 novembre 2019
10. Ríos Ríos K., Vanbroekhoven K., Dejonghe W., Rakotoarivonina H., Rémond C. Enzymatic production of xylo-oligosaccharides from wheat bran and their use as carbon source by probiotic bacteria. Renewable Ressources & Biorefineries. 6-8 septembre 2021, Aveiro, Portugal.

11. Bouchat, R., Delvigne F., Rémond C., Rakotoarivonina H. Impact of *Thermobacillus xylanilyticus* populations on its xylanase enzymatic production. Renewable Ressources & Biorefineries. 6-8 septembre 2021, Aveiro, Portugal.
12. Rémond. C. Muzard M., Plantier-Royon R. Combining biocatalysis and chemical synthesis to access original b-xylosides for cosmetic applications. 28ème colloque du Club biocatalyse en synthèse organique. 28 sept- 1er octobre 2021. Lège Cap Ferret