

# Rapport d'activité annuel de l'unité Transformations & Agro-Ressources (EA 7519)

Année 2019



*Campus Beauvais*



*Campus Rouen*



*Campus Rennes*



Directeur: Thierry AUSSENAC  
Directrice Adjointe : Nathalie LEBLANC  
*Campus Beauvais-Rouen-Béthune*

## TABLE DES MATIERES

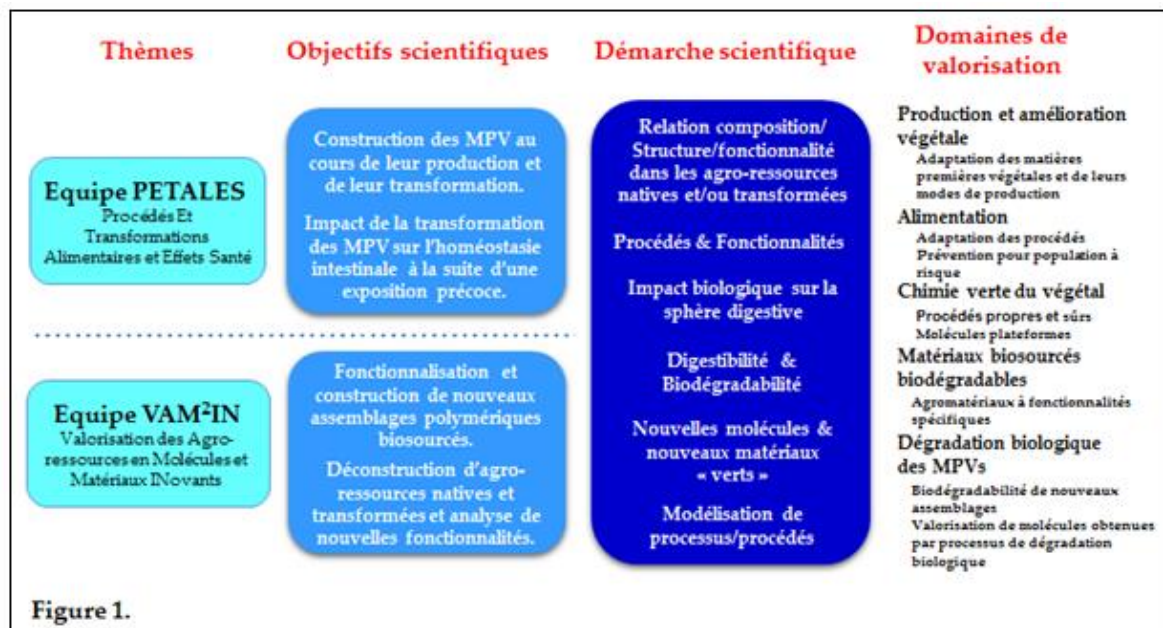
TABLE DES MATIERES	2
ABREVIATIONS / LISTE DES FIGURES & TABLEAUX	3
1) CONTEXTE	4
2) BILAN	4
3) PERSPECTIVES	21
4) ANNEXES	29

## ABREVIATIONS / LISTE DES FIGURES & TABLEAUX

Figure 1 – Présentation synthétique du projet scientifique de l'unité EA 7519	4
Figure 2 – Stratégie de Recherche de l'Unité EA 7519 - Equipe PETALES	21
Figure 3 – Stratégie de Recherche de l'Unité EA 7519 - Equipe VAM <sup>2</sup> IN	24
Tableau I - Investissements réalisés par l'unité EA 7519 au cours de l'année 2018-2019	20
Tableau II - Chiffre d'Affaire réalisé par l'unité EA 7519 au cours de l'année 2018-2019	20

## 1 - CONTEXTE

Le projet scientifique de l'unité de recherche « Transformations & Agro-Ressources » (EA 7519) porte sur la transformation et la valorisation de la plante entière dans une perspective de développement durable. Les travaux s'appuient sur une démarche scientifique intégrée couvrant l'ensemble de la chaîne de transformation des agro-ressources depuis l'étude des mécanismes de leur construction jusqu'à l'étude de leurs propriétés et fonctionnalités lors de leur utilisation finale que celle-ci soit à vocation alimentaire et/ou à vocation non alimentaire. L'EA 7519 est structurée autour de deux équipes thématiques complémentaires. L'équipe PETALES s'intéressant à la construction des assemblages au cours des transformations à vocation alimentaires et à leurs conséquences sur la santé (i.e. alimentation humaine et/ou animale), l'équipe VAM<sup>2</sup>IN traitant, quant à elle, des fonctionnalités recherchées à l'issue des transformations à vocation non alimentaire (i.e. chimie verte et produits/matériaux biosourcés) (Figure 1).



Les principaux domaines de valorisation du projet scientifique de l'unité font références aux domaines complémentaires de l'amélioration végétale, de l'alimentation, de la chimie verte et des matériaux biosourcés ; inscrivant les travaux et initiatives de l'unité dans une démarche d'économie circulaire et répondant pleinement aux enjeux de la transition agro-écologique et alimentaire.

## 2 - BILAN

### 2.1 - Faits marquants scientifiques

#### **EQUIPE PETALES** (Procédés Et Transformations Alimentaires et Effets Santé)

Dans le cadre général de l'utilisation des matières premières agricoles au cours d'un procédé agroalimentaire quel qu'il soit, les étapes majeures de transformation sont susceptibles de modifier les assemblages moléculaires présents initialement en générant potentiellement des nouvelles structures/assemblages et/ou nouveaux composés, absents du produit à l'origine (i.e. composés néoformés). L'ensemble de ces structures/molécules transite avec ou sans modifications dans le tractus digestif où elles peuvent impacter la sphère digestive (i.e. effets santé au sens large).

Aussi, afin d'appréhender ces effets santé dans le cadre de notre projet scientifique, nous souhaitons : (AXE 1) développer la caractérisation des matières premières et des produits transformés afin de mieux appréhender les modifications générées au cours du procédé de transformation retenu et, (AXE 2) étudier l'impact potentiel de ces modifications sur l'homéostasie intestinale.

### **AXE 1 - Caractérisation des agro-ressources au cours de leur production/transformation**

Dans le cadre de ce quinquennat (2018-2022) nous avons souhaité poursuivre le développement de ce volet du projet scientifique de l'équipe en prenant en compte tout particulièrement les éléments suivants :

- Une meilleure connaissance des facteurs de variabilité de la composition et de la structure des matières premières initiales afin d'améliorer nos connaissances sur les mécanismes physicochimiques mis en jeu lors de la transformation ;
- De nouvelles dimensions de caractérisation permettant d'appréhender des changements de structure/conformation chez les bio-polymères présents.

Comme énoncé dans notre feuille de route, un des modèles d'observation retenu ici correspond à la transformation des protéines de réserves céréalières (prolamines du blé tendre notamment) en gluten lors des étapes de panification. Si les prolamines (gluténines et gliadines) sont indispensables pour les transformateurs en raison de leur propriété unique de pouvoir former, après hydratation, une masse cohérente, insoluble et viscoélastique encore appelée gluten, de nombreux consommateurs semblent supporter de plus en plus mal celui-ci. En effet, en marge des symptômes bien décrits (allergie ou maladie cœliaque), son ingestion pourrait aussi engendrer des troubles variés liés à la sensibilité non cœliaque au gluten (ou hypersensibilité) qui toucherait 7 à 8% de la population européenne. Ces pathologies sont à l'origine d'un rejet des produits céréaliers avec gluten qui s'étend aussi à des personnes « saines » pensant que l'éviction du gluten leur permettra de garder la forme. Même si, les mécanismes responsables de ces troubles intestinaux demeurent assez flous, **une des hypothèses avancées concerne la taille des polymères de gluten formés** [i.e. quantité de GMP (*Glutenin Macro Polymer*) ou d'UPP (*Unextractable Polymeric Protein*)] **et son incidence sur leur digestibilité** (hypothèse selon laquelle ces polymères ne peuvent être hydrolysés si leur masse s'oppose à une dégradation complète avant d'atteindre l'intestin grêle. Le gluten, sa composition et sa polymérisation sont ici les éléments en question<sup>1</sup>.

Au cours du deuxième semestre de l'année 2018<sup>2</sup>, nous avons pu proposer une revue scientifique<sup>3</sup> des mécanismes régissant la formation de ces polymères et/ou agrégats de protéines au sein même des grains de blé au cours des dernières étapes de leur développement (i.e. grandissement cellulaire et dessiccation) en mettant en évidence le fait que ceux-ci sont très fortement impactés par les variations des conditions environnementales (stress hydrique, thermique, ...)<sup>4</sup>. Ces variations des conditions environnementales induisent des changements significatifs du statut redox cellulaire engendrant par voie de conséquence des stress oxydatifs au niveau des structures protéiques limitant ainsi le niveau d'association/d'agrégation des prolamines<sup>5</sup>. Nous avons mis à profit le premier semestre de l'année 2019 pour caractériser le comportement biochimique et technologique de génotypes de blé tendre Libanais placés sous fortes contraintes environnementales. Ces travaux, qui s'inscrivent dans le cadre

---

<sup>1</sup> *GlutNsafe : Vers la sélection de variétés de blé au gluten plus digestible – Programme FSOV 2016-2019.*

<sup>2</sup> *Rapport d'activité annuel 2018 de l'Unité Transformations & Agro-Ressources.*

<sup>3</sup> *Aussenac T., Rhazi L. (2018). Storage Proteins Accumulation and Aggregation in Developing Wheat Grains. In: Global Wheat Production, S. Fahad, A. Basir and M. Adnan, IntechOpen, DOI: 10.5772/intechopen.75182.*

<sup>4</sup> *IGE Qualité : Compréhension de l'effet des interactions génotype-milieu sur la valeur boulangère - FSOV 2015-2018.*

<sup>5</sup> *Rhazi L. (2019). Storage Proteins Accumulation and Aggregation in Developing Wheat Grains. HDR soutenue le 17/09/2019 - ED STS UPJV.*

d'une thèse de doctorat (i.e. Mme Nada SAKR), ont donné lieu à la rédaction de deux articles internationaux<sup>6,7</sup> qui ont été soumis pour publication à *Journal of Cereal Science*.

Dans le même temps, en marge de l'étude des phénomènes de formations des polymères de prolamines dans le grain de blé tendre, nous nous sommes intéressés à l'impact que peuvent avoir certaines étapes de transformation / prétraitement sur le niveau d'association de ces protéines importantes. Ainsi, nous avons spécifiquement étudié les effets des traitements d'ozonation des grains en amont de leur mouture. En effet, depuis 1997, date à laquelle ce gaz bénéficie du statut GRAS (Generally Recognized As Safe) aux Etats-Unis, l'utilisation de l'ozone (O<sub>3</sub>) connaît un développement important en Europe dans les domaines de la décontamination et/ou de la stabilisation des produits issus des différentes filières agricoles et/ou agro-alimentaires en général et de la filière céréalière en particulier. Toutefois, en raison de ses propriétés oxydantes exceptionnelles, l'ozone n'est pas universellement bénéfique car, dans certains cas, celui-ci peut favoriser la dégradation et/ou la polymérisation des constituants chimiques présents (i.e. protéines, lipides, polysaccharides) dans le matériau traité. Comme nous avons pu le démontrer<sup>8</sup>, le prétraitement des grains entraîne de profonds changements dans le comportement rhéologique des produits générés (c'est-à-dire des suspensions eau-farine, des pâtes après mélange et des pains français). Ainsi, (i) la viscosité maximale ou la tendance à la rétrogradation sont fortement limitées par l'ozonation des grains à partir desquels les suspensions eau-farine ont été évaluées, (ii) la résistance des pâtes et leur consistance sont négativement corrélées aux quantités d'ozone consommées par les grains pendant leur traitement, mais ne semblent pas affecter de manière significative la tolérance au mélange des pâtes, (iii) à la fin du mélange, les pâtes préparées à partir de grains ozonés se caractérisent par une augmentation très significative du rapport P/L, qui traduit une augmentation significative de la ténacité et une diminution significative de l'élasticité au sein du réseau de protéines, (iv) les pains obtenus à partir de la cuisson de grains ozonés sont moins développés avec des volumes de pain considérablement réduits et une baisse significative de leur score général de panification. Par voie de conséquence, tout contrôle ou modification dirigé des propriétés rhéologiques des farines et/ou des pâtes de blé tendre nécessite une connaissance précise des effets moléculaires de cet oxydant sur les propriétés d'agrégation des polymères natifs présents.

## **AXE 2 - Impact de la transformation des agro-ressources sur l'homéostasie intestinale à la suite d'une exposition précoce**

Au cours de l'année universitaire 2018-2019, le développement de cet axe de recherche s'est appuyé sur le développement de deux programmes de recherche qui seront détaillés ci-dessous. Les deux projets s'appuient sur les compétences en physiologie digestive de plusieurs membres de l'équipe PETALES dans la mesure où ils visent à évaluer les conséquences d'une exposition à un aliment ou un contaminant alimentaire ; les conséquences observées pouvant être de nature physiologique et/ou moléculaire.

**Projet CAPSANTIOX** (CRP Picardie 2017-2020) : Ce programme de Recherche, porté par le laboratoire de Biomécanique et de Bioingénierie (UMR CNRS 7338) de l'UTC, vise à évaluer les bénéfices santé d'extraits antioxydants de betterave rouge microencapsulée avec pour objectif l'enrichissement d'aliments à destination de l'Homme. L'extraction et la micro-encapsulation des pigments antioxydants et les analyses des produits ont été réalisées à l'UTC. Le travail d'UniLaSalle (Réalisation dans

---

<sup>6</sup> Sakr N., Rhazi L., Aussenac T. (2019). *Characterization of Lebanese bread wheat genotypes: I - Molecular properties of storage proteins and starch of mature grains. Journal of Cereal Science. En cours de revue.*

<sup>7</sup> Sakr N., Rhazi L., Aussenac T. (2019). *Characterization of Lebanese bread wheat genotypes: II- Rheological properties of flour dough and bread making quality. Journal of Cereal Science. En cours de revue.*

<sup>8</sup> Aussenac T., Gozé P., Rhazi L. (2019). *Effect of ozone on the rheological properties of flours and doughs of French soft wheats. Ozone and Advanced Oxidation, 24<sup>th</sup> World Congress & Exhibition, 20-25 October 2019, Nice, France.*

le cadre d'un stage M2 – Latour F. – Université de Tours) visait à évaluer les conséquences de la présence de ces substances antioxydantes sur la santé digestive et sur le maintien de l'homéostasie intestinale. Dans un premier temps, nous avons soumis à un digestat de cet extrait (pour simuler *in vitro* les digestions enzymatiques gastrique et intestinale) 4 souches représentatives des principaux phyla digestifs : *E. faecalis* et *L. monocytogenes* (Firmicutes), *E. coli* et *S. Enterica* (Entérobactéries) et *B. longum* (Actinobactéries). Nous avons évalué la modification de leur croissance en présence de concentrations croissantes du digestat (0-5-15 et 50 mg/mL). Aucune des souches testées n'a vu sa croissance modifiée quelle que soit la concentration de digestat appliquée. Dans un deuxième temps, nous avons administré par voie orale une solution contenant ces antioxydants (1 et 4 mg/kg) à des rats male Wistar adultes pendant 21 jours. La dernière semaine de l'étude, nous avons soumis une partie des animaux à une colite expérimentale (TNBS 40 mg/kg). Les échantillons collectés à l'issue de ce travail sont actuellement en cours d'analyse. Ce travail et l'implication de PETALES permettront à terme de démontrer si les pigments antioxydants sous forme microencapsulés sont capables d'apporter des bénéfices au niveau digestif.

**Projet IMPALA** (CR HDF + FHU Lille) : Ce projet, piloté par le laboratoire PERinatalité et risque TOXiques (PERITOX, UMR-I-01) de l'UPJV/INERIS vise à évaluer *in vitro* et *in vivo* l'impact d'une exposition de rates gestantes à un régime obésogène et à un résidu de pesticides (chlorpyrifos – CPF) afin d'évaluer comment l'obésité maternelle et l'exposition à des facteurs environnementaux perturbe la programmation du métabolisme et de l'homéostasie intestinale chez leur descendance. Le travail réalisé à UniLaSalle (stage de fin d'études ingénieur – Haug J. – Alimentation et Santé) visait à évaluer l'impact de ce résidu de pesticides (CPF) sur la barrière épithéliale intestinale. Ce travail fait partie du programme de thèse de Marion GUIBOURDENCHE (soutenance prévue à l'automne 2020). Nous avons soumis des monocultures (cellules épithéliales) et des co-cultures (cellules épithéliales et cellules à mucus) à des faibles quantités de CPF (proches de celles retrouvées dans notre alimentation) pendant 6 heures. Nous avons pu observer une altération des voies de signalisation inflammatoires consécutivement à l'exposition au CPF. Une caractérisation des voies impliquées est actuellement en cours. Ce travail a déjà permis d'observer la réponse physiologique *in vivo* en présence d'un pesticide dans un contexte de régime obésogène, l'étude *in vitro* qui complète ce travail permet d'améliorer notre connaissance des voies moléculaires à la base de ces réactions.

En parallèle de ce travail de recherche, un temps important a été consacré à la préparation de nouveaux programmes en réponses à différents AAP nationaux et/ou européens. Ainsi, le travail initié en fin d'année universitaire précédente (2017-2018) a pu être finalisé et a porté ses fruits cette année puisque il a permis l'obtention du financement de deux projets de recherche dont un projet ANR<sup>9</sup> et un projet INTERREG<sup>10</sup> ainsi que l'obtention d'un financement de thèse.

**Projet AVENIRS** (INTERREG v5 FWVL) : L'objectif du projet AVENIRS est d'accompagner les entreprises artisanales de boulangerie-pâtisserie françaises et flamandes à innover sur des produits à valeur bien-être et santé. Il est proposé pour cela de mettre en place un partenariat franco-flamand rassemblant les structures avec les moyens et compétences nécessaires pour la conception et la mise sur le marché d'une gamme innovante de produits artisanaux à valeur Bien-être et Santé. Le projet associe ainsi :

- 3 organismes spécialisés en développement économique et accompagnement d'entreprises ;
- 1 équipe de scientifiques spécialisés en nutrition-santé ;
- 2 fournisseurs industriels experts du domaine.

---

<sup>9</sup> Programme ExoAGEing : Effets d'une exposition précoce et chronique aux AGE alimentaires sur l'inflammation chronique à bas bruit et les troubles liés à l'âge.

<sup>10</sup> Programme ADAGIO : Cette initiative porte sur la formulation, la caractérisation et l'analyse de l'impact sur animaux et *in vitro* d'un mélange de molécules déjà décrites dans la littérature voire déjà commercialisées individuellement pour leurs vertus sur la santé digestive en général.



Le projet propose d'accompagner un nombre limité d'entreprises : 80 dont 50 sur les Hauts-de-France et 30 en Flandre Occidentale.

Les étapes se déclinent en 4 axes

1/ Cibler les produits de la gamme « Bien-être et santé ». Les produits doivent avoir un potentiel commercial suffisant et pouvoir être produits et vendus chez un artisan boulanger-pâtissier dans le respect des réglementations en vigueur : Activité réalisée lors de la première année du projet.

2/ Concevoir les produits : A partir des formulations alimentaires réalisées par les équipes scientifiques et techniques, les boulangers-pâtisseries ajustent les recettes pour obtenir les produits finis. Un livret de recettes sera élaboré : Mission réalisée à plus de 80 % au cours des deux premières années. Des ajustements sont à artisans avec les artisans pour 2 formulations sur 10. Un brevet sera déposé pour une des formulations.

3/ Etablir les outils de recommandation simples et adaptés à l'artisan, en matière de sécurité alimentaire et en information au consommateur. Un guide de bonnes pratiques sera édité : Activité en cours (moins de 50 % réalisé), un MFE pour un profil de type FIQA est prévu sur l'année 2020 pour aider les responsables de cette activité.

4/ Mettre en place un dispositif d'accompagnement et de formation pour permettre aux entreprises d'être formées à la production et à la vente de ces produits. Associer artisans français et flamands, complémentaires sur leur savoir-faire en boulangerie et pâtisserie, structures d'accompagnements économiques spécialisées sur l'artisanat et sur les TPE/PME avec des industriels et des scientifiques constitue un véritable défi innovant au profit de l'économie de proximité sur la zone transfrontalière : Activité prévue pour l'année 2020, elle fera l'objet d'un MFE pour un profil de type PREVALS.

### **EQUIPE VAM<sup>2</sup>IN** (Valorisation des Agroressources en Molécules et Matériaux pour l'INnovation)

Le développement de la bioéconomie nécessite de mieux comprendre les relations entre les caractéristiques de la matière végétale et les performances des bioproduits mis en œuvre dans l'objectif d'exploiter des ressources locales et diversifiées et de stabiliser l'approvisionnement des filières en matières premières. Aujourd'hui, les industriels sont incités à développer des produits et matériaux innovants, plus respectueux de l'environnement et de la santé, dans un contexte économique et réglementaire contraint. Pour répondre à ces attentes, l'utilisation de coproduits de l'agriculture comme matières premières végétales constitue une alternative intéressante du fait de leur abondance et de leur caractère renouvelable.

Dans ce contexte, les objectifs scientifiques de l'équipe ciblent la valorisation non alimentaire des agro-ressources par la production de molécules d'intérêt et de matériaux en vue d'applications ultérieures, au sein de filières innovantes pour conforter le développement de la bioéconomie sur la base des compétences de l'équipe associées à ses partenaires d'horizons divers. Afin de répondre à ces objectifs, deux axes de recherche sont développés au sein de VAM<sup>2</sup>IN. L'AXE 1 s'intéresse à la fonctionnalisation et la construction de nouveaux assemblages polymériques biosourcés. L'AXE 2 concerne la déconstruction d'agro-ressources natives et transformées, tout en considérant l'analyse de nouvelles fonctionnalités.

#### **AXE 1 - Construction et fonctionnalisation de nouveaux matériaux biosourcés**

L'axe 1 de l'équipe VAM<sup>2</sup>IN s'intéresse particulièrement à développer des savoirs relatifs aux caractéristiques intrinsèques des agro-ressources et de leurs conséquences sur les performances des matériaux biosourcés. Il s'agit notamment de formuler et d'élaborer des matériaux biosourcés aux performances spécifiques, en jouant sur la capacité de transformation de certaines entités des agro-ressources opérée lors de la mise en œuvre et d'étudier les propriétés de ces matériaux. Globalement cet axe de recherche a pour ambition de mieux comprendre les relations composition/structure/propriétés des matériaux biosourcés et a pour finalité d'encourager une



diversification des débouchés de l'agriculture en valorisant les déchets ou coproduits générés lors de transformations agro-industrielles. Les domaines d'application de ces recherches peuvent être le packaging, le bâtiment ou le transport pour lesquelles de nouvelles fonctionnalités tels que l'allègement, l'isolation thermique, l'absorption acoustique ou le caractère biodégradable sont recherchées.

Les agro-ressources, valorisables sous forme de matériaux dans ces différents domaines d'application, sont composées de différentes macromolécules (pectines, cellulose, hémicelluloses, lignines, cires, amidon, protéines, ...) dont les proportions varient notamment en fonction de l'espèce botanique et de la localisation dans la plante. Au cours des transformations en matériaux, ces compositions biochimiques sont modifiées sous l'influence des paramètres physiques et chimiques des procédés. Certains procédés utilisent d'ailleurs cette spécificité réactionnelle. Les programmes de recherche menés sur l'année écoulée ont notamment visé à détecter les variables pertinentes à prendre en compte dans la transformation des agro-ressources et à étudier l'impact de la transformation des agro-ressources sur les assemblages moléculaires et leur fonctionnalisation.

L'influence de la variabilité de la matière végétale, induite par des niveaux de maturité et de rouissage de la tige végétale différents ainsi que le procédé de transformation de celle-ci, sur les fonctionnalités apportées dans les matériaux agro-sourcés élaborés a ainsi été particulièrement étudiée au cours de l'année écoulée, dans la continuité des travaux engagés depuis ces dernières années. Les interactions de la matière végétale avec un liant organique ou minéral peuvent en effet être impactées par la variabilité de la composition biochimique du granulats végétal obtenu lors de la transformation de la tige. Les études réalisées dans les stages M2 de L. Wang et LP de P. Terlink en 2018 ont par exemple montré l'influence des extractibles de la chènevotte sur les prises de mortiers<sup>11,12</sup> et peut notamment induire des problèmes de prise pour les matériaux agro-sourcés à visée BTP. Ces travaux sont poursuivis dans le cadre de la thèse de Maya Diakité, débutée en octobre 2019, dont la finalité est d'identifier les molécules naturelles responsables et/ou impliquées dans la transformation de la chènevotte, en déterminant la composition biochimique de cette agro-ressource avant et après procédé de transformation. L'intitulé de la thèse est « Influence des paramètres des procédés de transformation subis par la matière végétale : focus sur les fonctionnalités apportées par la température, le pH et l'ozone ». Cette étude vise l'aspect fondamental de modifications des macromolécules composant la matière végétale, afin d'obtenir des modèles de prédiction pour des systèmes plus complexes (multiphasique, composite).

L'étude de la variabilité de la matière végétale a également été abordée cette année dans l'ensemble des projets collaboratifs régionaux TIGRE (Structures bio composites à fibres et GRranulats vEgétaux) et OLCO (Optimisation lin Composite), nationaux « DIVA (Démonstrateurs Industriels Valorisant des Agro-résidus) » et « ECO-TERRA (Eco-Matériaux en TERRE Allégée) », européen SB&WRC (Sustainable Bio&Waste Resources for Construction) et des travaux de thèse de Florian Martin, démarrés en janvier 2019. Trois de ces projets portent sur la mise en œuvre par thermocompression de nouveaux panneaux de particules 100% biosourcés, formulés avec de nouveaux liants biosourcés et composés de divers

---

<sup>11</sup> Wang L., Lenormand H., Zmamou H., Leblanc N., *Effect of soluble components from bio-aggregates on the setting of the lime-based binder, Communication orale, Euromagh Biocomposites 2018, Hammamet, Tunisie, 1-3/11/2018.*

<sup>12</sup> Wang L., Lenormand H., Zmamou H., Leblanc N., 2019. *Effect of soluble components from plant aggregates on the setting of the lime-based binder, Journal of Renewable Materials, in press.*

granulats végétaux (anas de lin, tournesol, maïs, colza, ...) <sup>13,14,15,16</sup>. La fonctionnalité d'isolation thermique, acoustique ou allègement est notamment recherchée, pour le secteur du bâtiment et de l'ameublement par exemple. Les résultats montrent que les caractéristiques biochimiques et morphologiques des particules végétales (forme, porosité, rugosité, densité) et les interactions liant-particules de panneaux 100% biosourcés issus de co-produits agricoles impactent directement la résistance mécanique de ces matériaux. Les résultats des travaux de thèse de Mehdi Khennache, dont l'objectif est d'étudier l'influence de la maturité de la tige de lin, de son degré de rouissage et du procédé d'obtention de la fibre sur les performances d'un matériau biocomposite lin thermopressé confirment cette approche <sup>17,18,19</sup>. L'étude de la variabilité de diverses chènevottes obtenues dans le cadre de circuits courts ont quant à elles été étudiées dans le projet ECO-TERRA <sup>20,21</sup>.

Deux nouveaux programmes collaboratifs REACT (Emballages bArrière Recyclables et ComposTables), et ALGRIPLAST (Valorisation de dérivés et coproduits d'algues, céréales et légumes pour applications biodégradables en économie circulaire) ont également été engagés en 2019 sur les matériaux biosourcés et /ou biodégradables pour l'emballage. Le projet REACT, porté par IPC (Innovation Plasturgie Composites) a pour objectif de substituer des films multicouches actuels qui sont incinérés ou enfouis, par de nouveaux emballages barrière recyclables et compostables. Ces nouveaux matériaux biosourcés sont à destination du secteur d'activité du packaging et une partie de ce programme est orientée sur les matériaux amylicés multicouches biosourcés actifs biodégradables, en s'appuyant sur l'expertise acquise au sein de l'équipe VAM<sup>2</sup>IN sur la formulation, l'élaboration et la fonctionnalisation de films thermoplastiques à base amylicé. L'étude de la modification chimique de l'amidon par greffage d'acides gras saturés ou par ozonation, initiée au sein de VAM<sup>2</sup>IN en 2017/2018 <sup>22</sup>, sera poursuivie dans le cadre du programme collaboratif REACT, qui a été construit en intégrant les travaux conjoints entre les collègues VAM<sup>2</sup>IN présents sur les trois sites ainsi que l'unité de recherche CYCLANN pour la partie ACV des nouveaux emballages éco-conçus. Le programme collaboratif ALGRIPLAST consiste quant à lui pour VAM<sup>2</sup>IN à étudier la biodégradabilité de systèmes composites associant polymères biodégradables, coproduits agricoles et agro-industriels.

---

<sup>13</sup> Mahieu A., Alix S., Leblanc N., 2019. *Properties of particleboards made of agricultural by-products with a classical binder or self-bound*. *Industrial Crops & Products*, 130, 371–379.

<sup>14</sup> Bacoup F., Mahieu A., Vitaud A., Drone P., Gatin R., Leblanc N. *Various methods of binding light agricultural byproducts*, 3rd international conference on Bio-based Building Materials (ICBBM 2019), Belfast, Irlande, 2019.

<sup>15</sup> Zmamou H., Bacoup F. *Sustainable Bio & Waste Ressources for Construction*, 12th International Conference of Biobased materials, 2019.

<sup>16</sup> Leblanc N., Ragoubi M., Lenormand H., Khennache M., Mahieu A. *Driving circular economy: from crops by-products to biobased materials*, 8th international conference of applied research on textile (CIRAT-8), Monastir, Tunisia, 2018.

<sup>17</sup> Khennache M., Mahieu A., Ragoubi M., Taibi S., Poilâne C., Leblanc N. *Influence of transformation processes, harvesting and time retting on physicochemical properties of technical flax fibers*. *Communication orale, Euromagh Biocomposites 2018, Hammamet, Tunisie, 1-3/11/2018*.

<sup>18</sup> Khennache M., Mahieu A., Ragoubi M., Taibi S., Poilâne C., Leblanc N., 2019. *Physicochemical and mechanical performances of technical flax fibers and biobased composite material: effects of flax transformation process*, *Journal of Renewable Materials*, Vol. 7, No. 9, pp. 821-838.

<sup>19</sup> Khennache M., Mahieu A., Ragoubi M., Leblanc N., Poilâne C., Behlouli K., Pierre F. *Impact de la date d'arrachage et du degré de rouissage sur les propriétés physico-chimiques des fibres de lin techniques*, 5ème colloque fibres naturelles et polymères, Troyes, France, 2019.

<sup>20</sup> Vineslas T., Colinart T., Lenormand H., Hellouin de Ménibus A., Hamard E., Lecompte T. *Hygrothermal properties of earth insulation materials: evaluation of uncertainties and consequences*. 3rd international conference on Bio-based Building Materials (ICBBM 2019), Belfast, Irlande, 2019.

<sup>21</sup> Vineslas T., Lecompte T., Hamard E., Hellouin de Ménibus A., Lenormand H., Colinart T., 2019. *Methods to evaluate slip cohesion to build with light earth*, *Construction and building materials*, acceptée.

<sup>22</sup> Joly N., Mahieu A., Lequart V., Terrié C., Martin P., Leblanc N. *Use of fatty acid starch ester as hydrophobizing agent in extruded thermoplastic starch material*. ISGC 2019, La Rochelle, France, 13-17/5/2019.

L'ensemble des travaux réalisés sur l'AXE 1 de l'équipe VAM<sup>2</sup>IN a fait l'objet de quatre publications, de la présentation de seize communications orales avec actes (11) et sans actes (5) et de trois communications par affiche dans un congrès national ou international, d'une conférence invitée dans un congrès international et de la finalisation d'un mémoire de thèse, soutenu le 26 novembre 2019.

## **AXE 2 - Déconstruction des agro-ressources pour la production de produits bio-sourcés**

Dans le cadre de ce quinquennat (2018-2022), nous avons souhaité orienter les actions de recherche, pour certaines en démarrage et pour d'autres dans leur continuité, en visant à mieux caractériser et à étudier les phénomènes de déconstruction des différentes fractions (assemblages polymériques natifs et/ou transformés) de la biomasse végétale afin de maîtriser et optimiser notamment la production d'énergie et/ou de molécules d'intérêt de type synthons (intermédiaires réactionnels pour les réactions de chimie verte). Dans ce cadre, conformément à la feuille de route, deux approches différentes mais complémentaires de déconstruction ont été retenues : i) une approche chimique (oxydation par l'ozone), ii) une approche biologique (méthanisation) et iii) une approche de déconstruction traditionnelle (extraction, caractérisation, formulation/modification) pour obtention d'entités ou de molécules fonctionnelles ou plateformes.

Dans un contexte de développement durable, les acteurs industriels de la chimie sont concernés de plus en plus par des réglementations limitant/interdisant l'usage de certains produits pétrochimiques (réglementation REACH). Par ailleurs, la matière première pétrole étant une ressource non renouvelable, les industriels cherchent à substituer leurs ingrédients pétrochimiques par des biomolécules issues de la matière première agricole. Les sucres oxydés (acide gluconique, acide glucuronique et polysaccharides oxydés) sont des molécules pouvant répondre à ces contraintes de réglementations et de matières premières. A l'heure actuelle, les procédés utilisés pour oxyder les glucides emploient des réactifs comme l'acide nitrique, le permanganate de potassium, l'eau oxygénée concernés par la réglementation REACH. Ces réactifs sont tous plus ou moins efficaces selon la nature des substrats étudiés et des conditions employées (température, pH du milieu, solvant), et donnent des rendements de réaction relativement satisfaisants. Cependant, à l'heure où les exigences des consommateurs tendent de plus en plus vers le respect de l'environnement, les laboratoires de recherche et les industriels de chimie se sentent obligés de trouver des méthodes d'oxydation moins polluantes et plus respectueuses de l'environnement tout en respectant le critère économique.

L'ozonation est une méthode d'oxydation, déjà largement utilisée en industrie (blanchiment de la pâte à papier, traitement des eaux) qui répond à ces exigences. Ce procédé permet également d'oxyder les motifs glucidiques que ce soit des monosaccharides ou des polysaccharides. Appliquer aux monosaccharides, l'ozone permet la synthèse de biomolécules<sup>23</sup> pouvant être utilisées en tant que tensioactifs dans le domaine de la cosmétique. Appliquer aux polysaccharides, l'ozone permet de modifier les propriétés physicochimiques (rhéologie, pouvoir absorbant, gélifiant, etc.)<sup>24,25</sup> pouvant être utilisés dans le domaine des agromatériaux. Les travaux préliminaires initiés en 2018, menés conjointement sur les sites de Beauvais et de Béthune<sup>26</sup>, ont notamment concerné l'étude de l'oxydation des monosaccharides et ont été poursuivis en 2019 sur les monosaccharides et leurs dérivés (monosaccharides greffés par des acides gras insaturés). Les conditions d'oxydation ont été, et seront, encore investiguées : i) Action de l'ozone moléculaire (dans les conditions acides ou neutres) ; ii) Action de l'ozone radicalaire (dans les conditions basiques) et ces travaux devraient ainsi permettre

---

<sup>23</sup> Marcq et al., 2009. Reaction pathways of glucose oxidation by ozone under acidic conditions. *Carbohydrate Research*. 344: 1303-1310.

<sup>24</sup> Klein et al., 2014. Ozone oxidation of cassava starch in aqueous solution at different pH. *Food Chemistry*. 155: 167-173.

<sup>25</sup> Wang et al., 1999. Ozonolytic depolymerization of polysaccharides in aqueous solution. *Carbohydrate Research*. 319: 141-147.

<sup>26</sup> Conde O., 2018. Oxydation des glucides par l'ozone : Analyse des produits d'oxydation. Rapport de stage de Licence professionnelle Valorisation des Agro-ressources Végétales de l'IUT Béthune. 46 p.

par exemple la synthèse de nouveaux tensioactifs. L'identification des produits formés sera réalisée par des méthodes chromatographiques couplés à de la masse (GC/MS ; LC/MS) ainsi que par des méthodes « infra rouge » (FT/IR). Dans un deuxième temps, la même démarche méthodologique sera menée pour conduire l'étude de l'oxydation des polysaccharides et des modifications physicochimiques (rhéologie, pouvoir gélifiant, viscosité, etc.). Il est à noter que ces travaux sont à la croisée des 2 axes proposés par l'équipe VAM<sup>2</sup>IN.

La seconde approche consiste en la mise en œuvre de la méthanisation par voie solide (traitant des coproduits comportant des taux de matières sèches supérieurs à 15% pour la dégradation, notamment, de biomasses lignocellulosiques, telles que des pailles ou des fumiers issus d'exploitations agricoles mais pas uniquement. Toutefois, de nombreux verrous scientifiques et technologiques subsistent et constituent même un point majeur pour comprendre les phénomènes impliqués, pouvoir maîtriser et augmenter la rentabilité des installations de méthanisation principalement agricoles. Notre approche consiste en l'étude globale de ces verrous, représentés par l'hétérogénéité du substrat, les pratiques mises en œuvre pour obtenir un potentiel méthane correct, la mise en œuvre de codigestions fiables, la gestion des inhibitions, la connaissance de la dynamique des populations microbiennes, la gestion des *inocula* ; la connaissance des transferts hydriques et de la rhéologie, les problématiques d'avancement de la matière, le développement d'outils de suivi des installations adaptés, la discontinuité des batchs (particuliers au procédé de type batch), le prétraitement des substrats, le manque de constructeurs. L'ensemble de ces verrous scientifiques et technologiques peuvent être classifiés en trois groupes : (i) les verrous propres au procédé, (ii) les verrous liés à la gestion de ce procédé et (iii) les verrous liés aux constructeurs ; ce dernier n'est pas investigué dans notre approche. La méthanisation voie solide a un fort potentiel de développement sur le territoire français au vu des gisements exploitables de ressources agricoles et autres, si on lui donne les moyens de se développer. La levée de ces verrous scientifiques permettra donc d'optimiser les procédés de méthanisation en voie solide correspondant à un réel marché.

Au cours de l'année 2019, cette action a été menée dans le cadre des activités de recherche très largement portées par le GIS SOLIMETHA<sup>27</sup>, constitué entre l'UTC et UniLaSalle, et au travers de 3 thèses de doctorat (2 thèses CIFRE<sup>28,29</sup>, une thèse financée par le FEDER/SIAAP<sup>30</sup>) en partenariat avec

---

<sup>27</sup> GIS SOLIMETHA : Méthanisation de sous-produits d'origine agronomique et agro-industrielle en voie sèche, solide ou pâteuse.

<sup>28</sup> Mercier-Huat M. Méthanisation de sous-produits conchylicoles en réacteurs pilotes et de laboratoire (Thèse de doctorat CIFRE ANRT 2018-2021).

<sup>29</sup> Hernandez M. Identification des conditions optimales d'opération d'un procédé de méthanisation de sous-produits agricoles par voie sèche, en continu et en couloir (Thèse de doctorat CIFRE ANRT 2017-2020).

<sup>30</sup> Dujany-Coutu A. Approche systémique par modélisation et expérimentation des paramètres d'optimisation de la méthanisation en voie solide/sèche (Thèse de doctorat FEDER/SIAAP, 2017-2020).

des industriels. Ces travaux de recherche ont donné lieu à de nombreuses communications<sup>31,32,33,34,35</sup>, dans des congrès internationaux et nationaux ou de journées jeunes chercheurs<sup>36,37,38,39</sup>; des publications sont par ailleurs en cours de rédaction et de soumission auprès de revues scientifiques.

De nombreuses études ont été menées sur l'optimisation des paramètres opératoires de la méthanisation en voie sèche ainsi que sa modélisation mathématique. Toutefois les expériences de méthanisation sont longues (autour de 30 jours) et le protocole d'étude des paramètres peut être long et fastidieux. De même, les paramètres hydrodynamiques sont encore peu connus dans ce domaine et non appliqués aux modèles existant de la méthanisation. L'objectif de la thèse « Approche systémique par modélisation et expérimentation des paramètres d'optimisation de la méthanisation en voie solide/sèche » menée par Arnaud Dujany-Coutu est donc de proposer une méthode pratique d'optimisation, de caractérisation hydrique et cinétique, et de prédiction de la production de méthane. Cette méthode comprend donc trois outils distincts. Le premier est une optimisation multi-facteurs prenant en compte à la fois les compositions en substrat et les paramètres opératoires choisis. Le second est un outil de caractérisation des paramètres hydrodynamiques de l'écoulement de l'inoculum au sein du massif solide ainsi que des paramètres cinétiques du phénomène. Enfin, le dernier est un outil de prédiction de la production de méthane. Cette étude est effectuée sur des substrats territoriaux représentatifs des substrats retrouvés en méthanisation voie solide (fortes teneurs en matière sèche) et pourra être transposable à d'autres substrats par la création d'un outil accessible.

---

<sup>31</sup> Mercier-Huat, M., André, L., Grosmaître, J.M., Pauss, A., Ribeiro, T., 2019. Dry anaerobic digestion of blue mussels by-products: preliminary study in 60 L batch reactors and perspectives. 16th IWA International Conference on Anaerobic Digestion AD16, Delft, The Netherlands. Anaerobic Digestion AD16, Delft, The Netherlands. 23-27/06/2019.

<sup>32</sup> Dujany-Coutu, A., Mottelet, S., André, L., Lamy, E., Guérin, S., Azimi, S., Rocher, V., Pauss, A., Ribeiro, T., 2019. A new simplified dry anaerobic digestion model considering modified AM2 and MIM hydrodynamics models. 16th IWA International Conference on Anaerobic Digestion AD16, Delft, The Netherlands. Anaerobic Digestion AD16, Delft, The Netherlands. 23-27/06/2019.

<sup>33</sup> Dujany-Coutu, A., André, L., Mottelet, S., Guérin, S., Azimi, S., Rocher, V., Pauss, A., Ribeiro, T., 2019. Optimisation des paramètres opératoires de la codigestion anaérobie en voie sèche, par utilisation de plans d'expériences et validation du modèle par « bootstrapping ». In "17ème Congrès de la Société Française de Génie des Procédés ". Nantes, France. 15-17 octobre.

<sup>34</sup> Mercier-Huat, M., André, L., Grosmaître, J.M., Pauss, A., Ribeiro, T., 2019. Influence des modalités d'opération de réacteurs batch pour la méthanisation de sous-produits de mytiliculture en voie sèche. In "17ème Congrès de la Société Française de Génie des Procédés ". Nantes, France. 15-17 octobre.

<sup>35</sup> Hernandez-Shek, M., André, L., Peultier, P., Pauss, A., Ribeiro, T., 2019. Calibration et mise à l'échelle d'un test d'effondrement pour la détermination des caractéristiques rhéologiques des fluides viscoplastiques à particules grossières présents dans la méthanisation en voie sèche. In "17ème Congrès de la Société Française de Génie des Procédés ". Nantes, France. 15-17 octobre.

<sup>36</sup> Dujany-Coutu, A., André, L., Mottelet, S., Guérin, S., Azimi, S., Rocher, V., Pauss, A., Ribeiro, T., 2019. Codigestion anaérobie en voie sèche : Modélisation, optimisation des paramètres opératoires et validation du modèle par « bootstrapping ». In "6ème Edition Wallonie/Nord de France de la Journée des Jeunes Chercheurs. Vers la conception de procédés éco-innovants". Mons, Belgique. 7 novembre.

<sup>37</sup> Mercier-Huat, M., André, L., Grosmaître, J.M., Pauss, A., Ribeiro, T., 2019. Stratégie de conduite opératoire de réacteurs batch 60L pour la digestion anaérobie de sous-produits de mytiliculture en voie sèche. In "6ème Edition Wallonie/Nord de France de la Journée des Jeunes Chercheurs. Vers la conception de procédés éco-innovants". Mons, Belgique. 7 novembre.

<sup>38</sup> Hernandez-Shek, M., Mathieux, M., André, L., Peultier, P., Pauss, A., Ribeiro, T., 2019. Distribution de la porosité de biomasses solides: une nouvelle approche originale en méthanisation en voie sèche. In "6ème Edition Wallonie/Nord de France de la Journée des Jeunes Chercheurs. Vers la conception de procédés éco-innovants". Mons, Belgique. 7 novembre.

<sup>39</sup> Dujany-Coutu, A., André, L., Mottelet, S., Guérin, S., Azimi, S., Rocher, V., Pauss, A., Ribeiro, T., 2019. Méthanisation en voie sèche de biodéchets -Optimisation des conditions d'alimentation et tests en batch. In "Séminaire MOCOPEE". Colombes, France. 19 novembre.



Le but de ce travail est de fournir un outil fonctionnel et adaptable pour optimiser, caractériser et prédire la production de méthane du procédé de méthanisation en voie sèche multi-substrats, en prenant compte l'hydrodynamique induite par la voie sèche. L'inoculum utilisé est du lisier bovin, les paramètres opératoires étudiés sont la fréquence de recirculation de l'inoculum et le taux d'immersion du massif solide et les substrats utilisés sont : fumier bovin, tonte d'herbe et déchets de repas (biodéchets). Deux principales méthodes seront utilisées en ce sens : l'optimisation et la modélisation. Les travaux de thèse, intitulée « Identification des conditions optimales d'opération d'un procédé de méthanisation de sous-produits agricoles par voie sèche, en continu et en couloir », de Manuel Hernandez-Shek ont été focalisés sur la compréhension de propriétés rhéologiques au cours du procédé de méthanisation voie solide ; cette compréhension est en effet essentielle pour le dimensionnement, la conception et la modélisation des procédés de traitement et valorisation de la biomasse. La rhéologie concerne l'étude de la déformation et de l'écoulement de la matière (plasticité, viscosité, élasticité) lors qu'une contrainte lui est appliquée. Étant donné l'hétérogénéité des matrices biologiques et la présence de particules grossières (> 5 cm), l'utilisation de rhéomètres conventionnels ne convient pas pour des milieux biologiques comme le fumier et les ordures ménagères, alors que pourtant, la détermination de leurs propriétés rhéologiques a été identifiée comme l'un des verrous scientifiques importants pour le développement de la méthanisation en voie sèche pour des procédés en continu et en semi-continu<sup>40</sup>. Deux méthodologies pour l'analyse de la coulabilité du béton et une pour l'analyse structurelle des sols ont donc été adaptées et calibrées pour l'analyse rhéologique du fumier à longues fibres au cours de sa dégradation anaérobie ; ce qui a conduit à la conception et à la construction d'outils de caractérisation à des échelles de taille compatible avec la structure et la nature des substrats visés. La première de ces méthodologies correspond au test d'effondrement ou « Slump Test », dans lequel un échantillon est placé dans un conteneur cylindrique (9 L). Lorsque le conteneur est retiré, l'échantillon s'effondre par gravité. La hauteur finale de la matière est liée au seuil d'écoulement. La deuxième méthodologie testée concerne le « L-Box » ou consistomètre (type Bostwick), constituée d'une boîte rectangulaire en PVC munie d'une vanne type guillotine, laquelle est ouverte promptement, l'échantillon s'écoulant alors de façon horizontale. La troisième et dernière méthodologie, la boîte de Casagrande (ou boîte de cisaillement) (15 L), est constituée de deux demi-boîtes rectangulaires superposées et indépendantes suivant un plan horizontal qui correspond au plan de cisaillement. La méthode permet de déterminer la cohésion, l'angle de frottement et la coulabilité du fumier. Ces outils ont été utilisés et validés pour des substrats mis en œuvre dans la méthanisation en voie sèche. Il apparaît que selon la rhéologie apparente de l'échantillon, les échantillons sont mieux caractérisés par le slump-test et la L-box pour un comportement viscoplastique et par la boîte de Casagrande pour un comportement viscoélastique.

Les travaux de thèse réalisés par Maël Mercier-Huat portent sur la Méthanisation de sous-produits conchylicoles en réacteurs pilotes et de laboratoire. La culture de moules de bouchot génère une fraction de mollusque au calibre trop faible pour la commercialisation (< 12 mm d'épaisseur et < 4 cm de longueur). De plus, lors de la séparation de la moule de sa corde de production et lors du conditionnement qui précède la commercialisation, des moules sont cassées générant également des sous-produits riches en matière organique. Les taux de pertes peuvent s'élever entre 25 et 40% (soit entre 16 000 et 26 000 tonnes par an) selon la saisonnalité et l'emplacement du site de production. Aujourd'hui, ces sous-produits sont rejetés en mer dans l'estran, dans des zones de largage définies et contrôlées, mais qui sont à l'origine de nuisances (odeurs, qualité et aspect de l'eau). Une évolution de la législation concernant ces rejets est à prévoir dans les prochaines années. La digestion anaérobie en voie sèche est donc envisagée dans le cadre du projet METHACOQUE et de la thèse de Maël Mercier-Huat pour la valorisation de ces sous-produits. Par ailleurs, peu de données relatives à la méthanisation de ces sous-produits sont disponibles dans la littérature actuellement, ce qui rend cette approche de valorisation et de protection de l'environnement novatrice et originale.

---

<sup>40</sup> André, L., Pauss, A., Ribeiro, T., 2018. Solid anaerobic digestion: State-of-art, scientific and technological hurdles. *Bioresource. Technol.* 247, 1027–1037.

Une partie des travaux a porté sur l'influence des modalités d'opération de réacteurs batch pour la méthanisation de sous-produits de mytiliculture en voie sèche. Le broyage et l'hygiénisation des moules de bouchot génèrent en effet une fraction liquide contenant de la matière organique potentiellement convertible en méthane. Ce liquide acide et également riche en sel peut être un inhibiteur pour les populations méthanogènes. Trois essais en réacteurs batch de 60 L ont donc été réalisés : un réacteur avec les coquilles et la fraction liquide introduites dès le lancement de l'essai et deux autres réacteurs où les coquilles sont placées dans le réacteur dès le lancement et la phase liquide apportée plus tardivement et en plusieurs ajouts selon les modalités indiquées dans le Tableau 1. L'inoculum utilisé pour ces essais est un lisier bovin. Un système de recirculation périodique de la phase liquide avec un débit moyen de  $15 \text{ L}\cdot\text{h}^{-1}$  est mis en place. La digestion anaérobie a été conduite à  $38^\circ\text{C}$  pendant 47 jours. La quantité et la composition de biogaz, ainsi que des paramètres physico-chimiques ont été suivis. Le réacteur ayant reçu la totalité de la phase liquide dès le lancement présente une production de méthane de  $21,3 \text{ Nm}^3_{\text{CH}_4}\cdot\text{t}_{\text{MF}}^{-1}$ . Les réacteurs dans lesquels la phase liquide est apportée séquentiellement et en plusieurs ajouts présentent une production respective de  $24,9 \text{ Nm}^3_{\text{CH}_4}\cdot\text{t}_{\text{MF}}^{-1}$  (ajouts identiques) et  $25,7 \text{ Nm}^3_{\text{CH}_4}\cdot\text{t}_{\text{MF}}^{-1}$  (ajouts croissants). L'apport retardé de la phase liquide permet donc de limiter les inhibitions liées à la production d'acides gras volatils ( $< 11 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ ) et ainsi d'obtenir une production plus importante de méthane. Peu de différences sont observées entre les deux essais avec un apport échelonné dans le temps de la phase liquide. Ces données sont encourageantes et démontrent que la gestion et la mise en œuvre du procédé sont à considérer pour optimiser la production de méthane et maîtriser les inhibitions. La suite de ces travaux devraient permettre de dimensionner et de concevoir un démonstrateur pilote qui sera installé sur le site de l'industriel afin d'assurer la démonstration à cette échelle du procédé.

En parallèle de ces travaux de recherche, une action a été menée dans le cadre de la phase 1 (01/03/2018-31/10/2019) du partenariat d'innovation SIAAP SYCTOM au travers du Groupement John Cockerill, Sources, UTC et UniLaSalle. Ce projet Cométhà est issu d'une volonté forte du Syctom et du SIAAP de travailler ensemble pour imaginer des solutions techniques innovantes dans le choix des modes de traitement et de production d'énergies renouvelables ou de récupération. Au regard de leurs attentes en matière d'innovation, les deux opérateurs se sont engagés dans une procédure conçue pour favoriser l'émergence de solutions de rupture : le partenariat d'innovation. Le Syctom et le SIAAP ont pour responsabilités respectives le traitement des déchets ménagers et assimilés et l'assainissement des eaux usées. Ces deux activités génèrent des déchets ultimes pour lesquels le retour au sol après valorisation matière devient de plus en plus complexe, quand il n'est pas proscrit : i) la fraction organique résiduelle issue des ordures ménagères, qui persiste même après la mise en place de la collecte séparée des biodéchets, et que le Syctom envisage d'extraire au moyen d'installations de tri-préparation (pour réduire les tonnages envoyés en incinération) ; ii) les boues des eaux usées, pour lesquelles les voies de valorisation matière historiquement privilégiées (l'épandage et le compostage) présentent des difficultés croissantes, et pour lesquelles le SIAAP doit dès à présent anticiper de nouvelles contraintes.

Pour la gestion de ces déchets qui présentent un fort potentiel, et pour lesquels une solution de valorisation matière et énergétique durable doit être imaginée, le Syctom et le SIAAP ont choisi de s'associer pour conduire un projet de contrairement. Le projet Cométhà doit ainsi répondre à plusieurs objectifs : i) concevoir une filière permettant de traiter un mélange inédit d'intrants ; ii) maximiser la transformation de la matière organique, pour accroître la production de gaz renouvelable et minimiser le volume de sous-produits ; iii) produire une énergie renouvelable et de récupération, afin de participer à la transition énergétique. C'est pour répondre à ces problématiques que notre groupement a souhaité développer et adapter le procédé de méthanisation bi-étagée en voie liquide. Il permet notamment l'optimisation des différentes étapes biologiques, l'acidogénèse et la méthanogénèse, afin d'atteindre un taux d'expression global du potentiel méthanogène des intrants de plus de 110 % : la conversion de la matière organique en méthane est maximale ; la séparation des étapes biologiques, garantissant une forte résilience des réacteurs face aux variations de charge et un temps de réponse très rapide des populations bactériennes, sans départ en acidose : la gestion de la



variabilité du cocktail et de la qualité des intrants est optimale ; la réduction volumes des réacteurs mis en jeu tout en conservant un rendement de conversion élevé de la matière et en restant dans le domaine de la voie liquide ; le brassage des réacteurs en est simplifié ; ceci est techniquement possible grâce à la forte charge appliquée et au temps de séjour réduit ; l'intégration de fumier sans difficulté majeure, autorisant un rééquilibrage du ratio carbone/azote du mélange des intrants et limitant la production d'ammonium : les inhibitions des procédés biologiques de valorisation de la matière organique sont maîtrisées. L'optimisation du procédé de conversion de la matière ne s'arrête toutefois pas à la conception et à l'adaptation de la méthanisation. L'intégration énergétique menée par le groupement en partenariat avec des experts dans le domaine est également au cœur de la réflexion.

Le troisième approche plus traditionnelle développée sur le site de Béthune, consiste à réaliser les extractions (macération, sonochimie, microondes) sélectives d'entités ou de molécules présentant des fonctionnalités (antioxydants, colorantes, antibactériennes, ...) ou des molécules plateformes pour des applications, après formulation/modification, dans le domaine des produits de commodités, biologiques ou matériaux. Ainsi ont été développés, à titre d'exemples, sur cette année de nouveaux rhamnolipides, des antioxydants, des tensioactifs. Initiée également cette année une philosophie de modification chimique plus respectable de l'environnement par une chimie biocatalysée.

## 2.2 - Faits marquants structurants

### UNITE TRANSFORMATIONS & AGRORESSOURCES

A la suite de son audition par l'HCERES dans le cadre de la vague C, l'unité de recherche Transformations & Agro-ressources (T&A) a été labellisée par le Ministère de l'Agriculture (DGER) sous le statut d'unité propre (UP 2018.C103) pour la période 01/01/2018 – 31/12/2022. Dans le même temps, l'unité a obtenu le statut d'unité d'accueil universitaire (EA 7519) pour la même période avec une cotutelle de l'Université d'Artois à la suite de l'examen de son dossier par le Ministère de l'Enseignement Supérieur, de la Recherche et de l'Innovation. Une convention a été signée entre l'Université d'Artois et UniLaSalle (02/05/2019) et un premier Comité de Tutelle s'est tenu à Béthune le 10/10/2019. Dans ce cadre, M. Patrick MARTIN (Pr., IUT de Béthune, membre de l'équipe VAM<sup>2</sup>IN) a été officiellement nommé responsable du site de Béthune pour l'unité T&A.

### EQUIPE PETALES

#### Ressources Humaines :

- HDR de Larbi RHAZI (CR, membre de l'équipe PETALES) : soutenance réalisée au sein d'UniLaSalle Beauvais le 17/09/2019.

#### Développement des réseaux :

- GIS O<sub>3</sub>AGROLICEL (*Ozonation des substrats agro-industriels, agro-alimentaires et lignocellulosiques pour une meilleure valorisation*):
  - o Participation au 24<sup>th</sup> Ozone World Congress & Exhibition, Nice (France), October 20-25, 2019 (stand UniLaSalle – LaSalleO3).
  - o Organisation des Ozone Days : Colloque scientifique et technique bisannuel organisé par le GISO3 à destination des industriels et académiques européens du domaine. Lancement du premier comité d'organisation pour la première date (Beauvais les 25 et 26 mars 2020).
- Réseau FMaRS (*Francophone Maillard Reaction Society*) :
  - o Co-rédaction d'un projet commun en réponse à l'AAP ANR 2019 : EXOAGEING (*Effets d'une exposition précoce et chronique aux AGE alimentaires sur l'inflammation chronique à bas bruit et le vieillissement – Rôle des voies de signalisation de RAGE*).
  - o Organisation et participation à l'école d'été France Excellence - *Impact of food processing on human health* (Beauvais et Lille du 1er au 26 juillet 2019) – Reconduction pour Juillet 2020.

- Pôle de compétitivité :
  - o Végépolys Valley : Membre du COSI du nouveau pôle mondial issu de la fusion des pôles Végépolys, Céréales Vallée et Nutrivita.
  - o Clubster NSL : Membre du CA et du CLP de la nouvelle structuration issue de la fusion du pôle Nutrition Santé Longévité et le Clubster Santé.

#### Action de valorisation :

- Programme FUI OZONE2020 (*L'Ozone au service de la sécurité alimentaire*) : Participation et finalisation du dossier de demande de règlement ANSES pour l'utilisation de l'Ozone en tant qu'auxiliaire technologique pour produits frais. Dépôt de dossier fin décembre 2018 par le pétitionnaire (SUEZ). Ce programme a fait l'objet d'une communication orale<sup>41</sup> et d'un poster<sup>42</sup>.
- Programme OZONOFLAX (*Evaluation de l'utilisation de l'ozone pour le traitement de fibres de lin*) : Programme retenu pour financement par le Conseil Régional des Hauts-de-France (AAP Start-AIRR 2018) (partenariat R&D avec l'ENSAIT – fin du programme février 2020). Ce programme a fait l'objet trois communications orales<sup>43,44,45</sup>.
- Programme CleanCasc© : Nouveau procédé de désodorisation et de décontamination des casques par l'ozone gazeux. Développement et validation du procédé et du dispositif démonstrateur pour la société CleanCasc (dossier accompagné par LaSalle Technova). Ce programme a fait l'objet d'une communication affichée<sup>46</sup>.

### **EQUIPE VAM<sup>2</sup>IN**

#### Ressources Humaines :

- Démarche d'HDR engagée pour Victor ACHA (EC, membre de l'équipe VAM2IN) : soutenance prévue fin 2020.
- Depuis septembre 2019, le site Artois accueille en position ATER (Attaché Temporaire d'Enseignement et de Recherche) Madame Erika ZAGO.

#### Développement des réseaux :

- Membre du Centre Technique National du Biogaz et de la Méthanisation (CTBM) en lien avec les acteurs académiques et le Club Biogaz ATEE (*Réseau de partenaires académiques, institutionnels et professionnels*) ; Membre du Comité d'Orientation Stratégique du CTBM.
- Co-animateur avec l'UTC de l'agrégat thématique territorialisé Energies biosourcées.
- Mise en place de la plateforme technique AGRO<sup>R</sup>TECH en partenariat avec Rouen Normandie Métropole pour un investissement de 320k€ d'équipements de caractérisation physique de matières et matériaux biosourcés. Inauguration de cette plateforme le 3 octobre 2019 et réalisation de film et supports de présentation.

<sup>41</sup> Sarron E., Marier D., Gauthier S., Baig S., Picoche B., Sajet P., Aussenac T., Gadonna-Widehem P. (2019). Effect of two different application methods of ozone on geobacillus stearothermophilus spores. 24th IOA World Congress & Exhibition, 20-25/10/2019, Nice, France.

<sup>42</sup> Loutrel J., Gombert A., Gauthier S., Aussenac T., Baig S., Picoche B., Boudaud N. (2019). Impact of Dissolved Ozone and Free Chlorine for the Viral Decontamination of Ready-to-Eat Salads at the Laboratory Scale. 24th IOA World Congress & Exhibition, 20-25/10/2019, Nice, France.

<sup>43</sup> Powar A., Perwuelz A., Behary N., Hoang L., Aussenac T. (2019). Color stripping of the reactive dyed fabric by conventional and ozone assisted process-a comparative study. 24th IOA World Congress & Exhibition, 20-25/10/2019, Nice, France.

<sup>44</sup> Belhaj Rhouma A., Perwuelz A., Behary N., Legrand X., Hoang L., Aussenac T. (2019). Comparison of bleaching treatments of linen fabrics for clothing and furniture applications: conventional versus ozone. 24th IOA World Congress & Exhibition, 20-25/10/2019, Nice, France.

<sup>45</sup> Belhaj Rhouma A., Louchart C., Perwuelz A., Behary N., Legrand X., Hoang L., Aussenac T. (2019). Life cycle assessment of ozone application in Linen bleaching treatments in comparison with conventional treatments. 9ème Congrès International avniR, 6-7/11/2019, Lille, France.

<sup>46</sup> Lerzy B., Staut C., Girard F., Aussenac T. (2019). A new process of disinfection and deodorization of helmet by ozonation. 24th IOA World Congress & Exhibition, 20-25/10/2019, Nice, France.

- Membre du Comité scientifique et conférence plénière lors du premier congrès international de valorisation des plantes aromatiques et médicinales (2-4 novembre 2019, Tétouan, Maroc)
- Membre de 4 jurys de thèse (universités de Rennes, Caen, IMT Lille-Douai, INSA Lyon) et un jury de HDR (Limoges).
- Membre de la communauté scientifique Matériaux Biosourcés pour la Construction (MBS).
- Animation de la Coalition d'action « Construire et Rénover avec les matériaux biosourcés », en partenariat avec Rouen Métropole Normandie dans le cadre de l'Accord de Rouen pour le climat-COP21. Mise en place d'un réseau d'acteurs territoriaux sur cette thématique.
- Membre du GIP PFT Normandie Sécurité Sanitaire.
- Membre fondateur de SFR Normandie Végétal.
- Membre fondateur de la commission Agromatériaux et Méthanisation/Biogaz du pôle de compétitivité IAR.
- Membre de l'Union de génie des procédés et de l'énergétique Nord de France
- Initiation d'une collaboration avec le laboratoire Biomatériaux de l'Université du Québec en Abitibi-Témiscamingue (UQAT) : deux montages de projets de thèse en co-tutelle en cours.
- Montage d'un projet collaboratif en cours de réflexion avec la structure FRD-CODEM et l'IMT Lille Douai.
- Mise en place d'un Consortium pour le projet Timobat avec LGCgE (UA), GEC (UPJV), Codem, Roquette, Rabot-Dutilleul pour répondre à des AAP Hauts de France (STIMuLE, Master Plan Bioéconomie) et l'AAP Ademe Graine.
- Mise en place d'un Consortium pour le projet Elestique avec LGCgE (UA) et IEMN, pour répondre à l'AAP Hauts de France Startair.
- Mise en place d'un Consortium pour le projet TextCell avec ENSAIT, pour répondre à l'AAP Hauts de France Startair.
- Accueil en 2019 de deux Visiting Professor pour une semaine chacun ; i) Andrew Boa (Université de Hull, Royaume Uni), ii) Djamel Aliouche (Université de Boumerdes, Algérie).
- Mise en place d'une collaboration avec Maroc, Algérie, Tunisie sur "anti-oxydants biosourcés" dans le cadre d'un PHC Maghreb (dépôt janvier 2020).

#### Action de valorisation :

- Partenariat d'innovation SIAAP SYCTOM (*Co traitement des boues des eaux usées du SIAAP et de la fraction organique des ordures ménagères résiduelles du Syctom*) : participation avec l'UTC, CMI Proserpol devenu John Cockerill et Sources à la phase 1, de début 2018 à mi-2019, dédiée à la recherche et aux essais en laboratoire permettant de proposer à l'issue un Avant-projet sommaire (APS) de pilote industriel.
- Génération de sept prestations de recherche pour ;
  - o - la caractérisation physico-chimique de co-produits de cultures et agro-industriels,
  - o - la caractérisation de matériaux biosourcés,
  - o - une expertise scientifique matériaux biosourcés
  - o - une faisabilité de synthèse pour santé humaine,
  - o - une faisabilité de synthèse pour pet food.
- Contribution à la préparation du Festival de l'Excellence Normande (FENO) par la réalisation d'une maison de poupée biodégradable associant diverses agro-ressources régionales, et participation à cette manifestation à Caen du 12 au 14 avril 2019.
- Présentation orale « Les matériaux biosourcés : quels freins et quelles applications ? » à la 47ème Journée Technologique CLUBTEX intitulée « Les produits à usage temporaire : tour d'horizon, interrogations et solutions », 14 novembre 2019, Villeneuve d'Ascq. Journée organisée par le pôle de compétitivité EuraMaterials, cluster Nord-Europe de référence des industries de transformation des matériaux, né de la fusion du pôle de compétitivité UP-tex et Matikem.
- Soutenance de la thèse de Théo Vincelas intitulée « Caractérisation d'éco-matériau Terre Chanvre en prenant en compte la variabilité des ressources disponibles localement », le 26 novembre à

l'université de Bretagne Sud. Thèse co-dirigée entre l'IRDL de l'université de Bretagne sud, VAM<sup>2</sup>IN et l'IFSTAR de Nantes.

- Réalisation de l'exposition de restitution du projet Interreg SB&WRC, le 21 juin 2019 à UniLaSalle Rouen.
- Organisation de la Journée Technologique AGRO-RESSOURCES & CONSTRUCTION le 28 novembre 2019 à l'université d'Artois-Béthune, et présentation de deux communications orales lors de cette journée.
- Programme SusFood2 avec le projet FortDrink (Etudes sur boissons caféinées) avec Roumanie, Pologne, Turquie. Projet déposé en octobre 2019.
- Partenaire dans un projet argentin déposé en octobre 2019 avec l'Université de Cordoba (Dr Laura Fanani) sur l'étude de l'interaction Rhamnolipides- barrière biologique.
- Dépôt de deux projets dans le cadre Eura Industry Innov Région Hauts de France ; i) adjuventation biosourcée pour béton (LGCgE (UA) et GEC (UPJV)) ; II) Production de colorants biosourcés (CUMA Nord Oignons, Chambre Agriculture Régionale, Plastium, Ensait, Cabbalr, Douai Biotech, Lycée Sainte Colette). Déposés le 4 novembre 2019.
- Dépôt d'un projet dans le cadre A2U (Association UA, UPJV, ULCO) sur impact biologique des adjuvants biosourcés pour matériaux béton. Déposé le 18 novembre 2019).

#### Chaire de formation et de recherche :

- Porteur du dossier E2ABMC (European Agrologistics, Agroressources & Biobased Materials Consortium), déposé en mars 2019 à l'APP Erasmus+ Strategic partnership, en partenariat avec les universités de Minho (Portugal), Maastricht (Pays-Bas), Linköpings (Suède) et l'Institut Supérieur des Etudes Logistiques (ISEL) du Havre. Intégré dans la chaire industrielle de formation et de recherche Agro-ressources et Matériaux BIOSourcés (AMBIOS), ce projet vise à mettre en place la formation Master of Sciences (MSc) « Agro-ressources, Agro-logistics & Biobased Materials » pour la rentrée 2022. Non retenu l'ors de l'AAP 2019, le dossier sera redéposé à l'AAP 2020 en tenant compte des recommandations de la commission de sélection.

### 2.3 – Moyens-Ressources

#### Ressources Humaines :

##### *PETALES :*

- Recrutement de Romane TROADEC : Etudiante en thèse sur le projet de thèse : « Impact de la formulation et du procédé de fabrication du pain sur ses propriétés « Santé », technologiques et organoleptiques » (thèse GO-LASALLE);
- Recrutement de Maxime PEROT en juillet 2019 en tant qu'enseignant chercheur en physiologie digestive et immunologie. Maxime a intégré l'équipe PETALES pour accompagner le développement de la partie recherche en « santé » sur les aspects immunologie et homéostasie intestinale.
- Recrutement d'Alexandre HERISSON en août 2019 en tant que chargé de recherche au sein de la plateforme LaSalleO3 pour le domaine du génie des procédés et de la chimie de la lignocellulose.

##### *VAM<sup>2</sup>IN :*

- Recrutement de Flavien PICARD, ingénieur d'études, sur la phase 1 du partenariat d'innovation SIAAP SYCTOM portant sur le cotraitement des boues des eaux usées et de la fraction organique des ordures ménagères résiduelles (12/09/2018-11/09/2019).
- Recrutement de quatre doctorants : Florian Martin (Janvier 2019-décembre 2022, Contrat RIN doctorant 50%-Chaire AMBIOS), Mazhar Hussain (septembre 2019-août 2022, bourse Campus France), Maya Diakité (octobre 2019-septembre 2022, contrat GoLaSalle-CABBLAR), Désiré Ndahirwa (novembre 2019-octobre 2022, contrat UniLaSalle projet DIVA).
- Recrutement de Marianne Rosa (janvier 2019-janvier 2020, CDD technicien de laboratoire) dans le cadre de la Chaire AMBIOS.
- Recrutement de Mme ZAGO Erika en septembre 2019 en tant qu'ATER au sein de l'équipe VAM<sup>2</sup>IN site de Béthune (septembre 2019- aout 2020),

- Recrutement de Santiago Arufe Villas (avril 2019-février 2020, CDD chargé de recherche) sur le projet collaboratif TIGRE.
- Départ en retraite de Philippe Drône au 1<sup>er</sup> mars 2019, technicien de laboratoire.
- Recrutement d'Hafida Zmamou, CDI ingénieure d'études en remplacement de Philippe Drône.
- Mutation d'Angélique Mahieu à UniLaSalle Rennes au 1<sup>er</sup> septembre.
- Recrutement d'Aamir Shezhad au 1<sup>er</sup> juillet 2019, CDI Senior Lecturer in Agri-Food Science.

Investissements :

**Tableau I**

Investissements réalisés par l'unité EA 7519 au cours de l'année 2018-2019 (site de Beauvais, [site de Béthune](#) et [site de Rouen](#))

Nature de l'investissement	Montant de l'investissement (€ TTC)	Subvention d'investissement (€ TTC)	Programmes de recherche
Armoire Inox	6.435,07	3.217,54	ADEME PEEL
VOLSCAN VP600 +S upport universel	20.938,20	10.469,10	Interreg AVENIRS
Etuve sous vide	3.500,00	0	Prestations
Presse chauffante	10.000,00	0	Prestations
Sorbonnes	14.000,00	0	Prestations
Bureautique (Ordis, Imprimantes)	2.700,00	0	Prestations
Chromatographie Gaz	15.000,00	10.000,00	BQR Univ Artois
Pallaises Laboratoires	1.500,00	1.500,00	France Chimie
Détecteur HPLC DEDL	17.500,00	17.500,00	France Chimie
Accessoires MEB	36.794,44	36.794,44	AGRO <sup>R</sup> TECH
Système de vision Multispectral	20.499,22	20.499,22	AGRO <sup>R</sup> TECH
Contrat maintenance ATG+DSC+HFM	3.468,00	3.468,00	AGRO <sup>R</sup> TECH
Adaptation locaux installation	3.466,00	3.466,00	AGRO <sup>R</sup> TECH
Paillasses mobiles	4.256,00	4.256,00	AGRO <sup>R</sup> TECH
Fournitures matériel informatique	3.151,20	3.151,20	AGRO <sup>R</sup> TECH
DMA Netzsch	60.000,00	60.000,00	AGRO <sup>R</sup> TECH
Imprimante 3D Sigmax R19+extrudeuse	9.486,00	9.486,00	AGRO <sup>R</sup> TECH
Malaxeur Perrier de laboratoire	6.960,00	6.960,00	AGRO <sup>R</sup> TECH
Vicat automatique	5.866,00	5.866,00	AGRO <sup>R</sup> TECH
Fluxmètre	27.600,00	27.600,00	AGRO <sup>R</sup> TECH
Ecrans interactifs	20.000,00	20.000,00	RIN action Sup 2018
Balances de précision	8.586,00	8.586,00	RIN action Sup 2018
Moule à injection de vapeur	8.352,00	8.352,00	TIGRE
<b>TOTAL</b>	<b>310.058,13</b>	<b>261.171,50</b>	

Ressources Financières :

**Tableau II**

Chiffre d'Affaire Fonctionnement réalisé par l'unité EA 7519 au cours de l'année 2018-2019

EQUIPES	MONTANT (2018-2019) (€ TTC)
PETALES	514.121,00
VAM <sup>2</sup> IN	451.265,00
<b>TOTAL UNITE EA 7519</b>	<b>965.386,00</b>

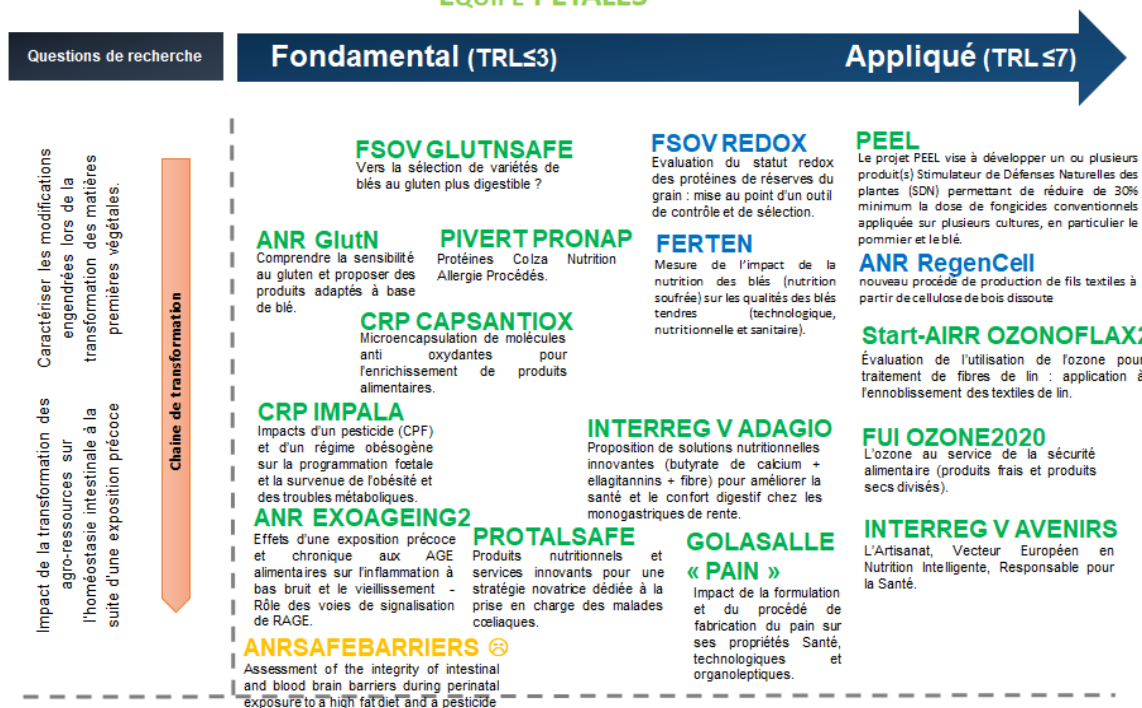
### 3 - PERSPECTIVES

Le projet scientifique de l'unité Transformations & Agro-Ressources a été mis en œuvre pour la première fois à partir de la rentrée universitaire 2017-2018. Dans ce cadre particulier et à l'aplomb des recommandations formulées par les instances d'évaluation, un travail important de structuration (i.e. Conseil d'Unité, animation d'équipes, séminaires scientifiques, supports de communication, ...) a été entamé au cours de ces deux dernières années et doit absolument être poursuivi et amplifiée au cours des prochaines années afin de répondre aux objectifs définis. **Ainsi, avant même d'envisager une stratégie d'ouverture scientifique de l'unité et/ou des équipes, il nous paraît aujourd'hui primordial de faire en sorte que les différents axes identifiés à l'aplomb des équipes soient consolidés grâce, notamment, au dépôt de nouveaux programmes de recherche mais également à la poursuite et la valorisation complète des programmes en cours** (confère figures 2 et 3 ci-dessous).

#### EQUIPE PETALES

Afin de consolider l'activité de l'équipe, plusieurs projets collaboratifs ont d'ores et déjà été travaillés, déposés et validés par les instances en charge des AAP. Ces initiatives s'appuient sur le renforcement de collaborations scientifiques avec des partenaires existants (cas des réponses ANR 2019), ou sur l'établissement de nouvelles collaborations avec de nouveaux partenaires (cas du projet ADAGIO 2019).

### STRATÉGIE DE RECHERCHE DE L'UNITE TRANSFORMATIONS ET AGRORESSOURCES EQUIPE PETALES



Projets acquis, déposés et/ou identifiés

Figure 2

#### Nouveaux programmes de recherche

##### ○ Réponses AAP ANR 2019

- Au sein du réseau FMaRS, un travail a été mis en place pour proposer une réponse commune des 3 équipes fondatrices de FMaRS à l'AAP ANR 2019. Cette initiative déposée en octobre 2018 est officiellement portée par (Pr.) Philippe GILLERY de l'université de Reims (Unité MEDyC UMR CNRS/URCA 7369) et a pour titre: « *Effets d'une exposition précoce et chronique aux AGE*



*alimentaires sur l'inflammation chronique à bas bruit et les troubles liés à l'âge* » (ExoAGEing). Cette proposition a été déposée dans le cadre de la commission « Contaminants, écosystèmes et santé » et se propose d'évaluer l'impact sur des animaux (souris) d'une l'exposition dès la période périnatale et de manière chronique tout au long de la vie à un produit de Maillard : la Carboxyméthyl-lysine. Les analyses réalisées porteront sur l'impact de cette exposition sur l'apparition de défauts physiologiques et moléculaires en lien avec l'inflammation chronique et le vieillissement des animaux. Cette approche sera complétée par des études *in vitro* sur les mécanismes moléculaires impliquées. L'équipe PETALES apportera sa connaissance des modèles animaux, des voies moléculaires et partagera l'encadrement d'une thèse de doctorat avec l'université de Lille (Unité LYRIC UMR INSERM/Université Lille2). Ce projet a été retenu pour financement en juillet 2019. Le lancement du projet a eu lieu le 12 novembre 2019.

- La seconde initiative déposée dans le cadre de ce même AAP est issu d'une collaboration scientifique déjà bien en place avec l'unité PERITOX (UMR-I 01) de l'UPJV d'Amiens. Ce proposition qui a pour acronyme SAFE BARRIERS (i.e. Assessment of the integrity of intestinal and blood brain barriers during perinatal exposure to a high fat diet and a pesticide), implique en plus d'UniLaSalle (EA 7519) et de l'unité PERITOX (UMR INERIS/UPJV 01), le laboratoire de la Barrière Hémato-Encéphalique de l'université d'Artois (EA 2465) et consiste à étudier l'impact d'un pesticide organophosphoré et d'un régime obésogène sur la perturbation des barrières intestinale et hématoencéphalique. L'équipe PETALES devait apporter ses compétences sur les mécanismes inflammatoires et les perturbations du système immunitaire et sera impliqué sur des aspects *in vivo* et *in vitro*. Malheureusement, ce programme n'a été retenu par l'ANR.

- **Réponse AAP INTERREG 2019**

Le projet ADAGIO, déposé dans le cadre de l'appel à projet INTERREG V France Wallonie Flandre, a été réalisé à la demande de deux industriels : SANLUC et ALGOFIT respectivement impliqués dans les domaines de l'alimentation animale et des compléments alimentaires à destination humaine. Dans ce cadre, UniLaSalle (PETALES EA7519) est porteur du projet qui implique également l'université de Gand et l'entreprise lilloise Genoscreen. Cette initiative porte sur la formulation, la caractérisation et l'analyse de l'impact sur animaux et *in vitro* d'un mélange de molécules déjà décrites dans la littérature voire déjà commercialisées individuellement pour leurs vertus sur la santé digestive en général. Au sein de ce projet SANLUC et ALGOFIT fourniront les mélanges à évaluer et apporteront leurs connaissances des produits dont la caractérisation sera assurée par l'équipe d'UniLaSalle et testés sur animaux et sur des modèles *in vitro* à l'université de Gand et à UnilaSalle avec l'expertise en métagénomique de Genoscreen. Ce projet a été officiellement retenu en Octobre 2019.

- **Réponses AAP GO-LASALLE**

L'équipe PETALES s'est également investie dans l'appel à projet interne Go-LaSalle qui permet d'accueillir des étudiants du réseau partenaire des universités LaSalliennes pour la réalisation de travaux de masters et/ou de thèse de doctorat. Dans ce cadre, un sujet de master et un sujet de thèse ont été proposé sur la matrice « pain » en continuité de nos études précédentes dans le but d'étudier, notamment, l'influence du levain dans les caractéristiques de la pâte à pain et l'impact sur le consommateur au niveau des préférences sensorielles ainsi que sur l'homéostasie intestinale. Le sujet de thèse a été retenu pour un cofinancement par le Conseil Régional des Hauts-de-France et le recrutement et l'inscription du thésard a été réalisée en début septembre 2019.

#### Développement des réseaux et valorisation

- **Réseau FMaRS** : Les fondateurs de ce réseau [université de Lille (Unité LYRIC UMR INSERM/Université Lille2, université de Reims (Unité MEDyC UMR CNRS/URCA 7369) et UniLaSalle



(Unité T&A EA 7519 UniLaSalle/Université d'Artois)] sont d'accord pour évoluer vers une société savante à l'échelle nationale au cours de l'année universitaire 2019-2020.

- **Réseau « Ozone »** : A l'aplomb de cette approche scientifique et technique transversale, un réseau régional, national et européen est en cours de structuration. Ainsi, suite à la signature de la constitution du GIS O<sub>3</sub>AGROLICEL (INPG/UniLaSalle), l'ENSAIT<sup>47</sup> (unité GEMTEX<sup>48</sup> – *dimension agro-ressources fibreuses*) mais aussi le CTCPA (*dimension agroalimentaire*) vont rejoindre cette dynamique R&D. Comme déjà évoqué plus haut, un projet de manifestation scientifique et technique (« OZONE DAYS ») est en cours d'élaboration avec une programmation pour fin mars 2020.

Dans le cadre de ce réseau, une proposition de programme de recherche a été déposée à l'AAP ANR 2020. Ce projet **RegenCell** a pour objectif de développer un nouveau procédé de production de fils textiles à partir de cellulose de bois dissoute, en alternative à la fabrication polluante de viscose. Forts de résultats préliminaires prometteurs, ce projet propose une solution durable et innovante pour dissoudre la cellulose en condition aqueuse douce. Elle combine 1) l'oxydation sélective de la cellulose pour générer des groupements carboxyles, avec régénération du réactif et 2) l'intensification du procédé par des moyens physico-chimiques et mécaniques.

- **Réseau Végépolys Valley** : Dans le cadre de ce réseau national, une proposition de programme est en cours de réflexion et de montage [i.e. programme FERTEN : Mesure de l'impact de la nutrition des blés (nutrition soufrée principalement) sur les qualités des blés tendres (technologique, nutritionnelle et sanitaire)] afin d'être proposé au financement au cours de l'année 2020 par le principal partenaire économique.

#### Ressources Humaines nouvelles

- Recrutement à venir d'un(e) étudiant(e) en thèse sur le projet INTERREG ADAGIO. Recrutement prévu début 2020.
- Recrutement à venir d'un(e) étudiant(e) en thèse sur le projet ANR EXOAGEING. Recrutement prévu début 2020.

#### **EQUIPE VAM<sup>2</sup>IN**

La dynamique de montage de nouveaux projets a permis le démarrage des projets collaboratifs REACT (01/06/2019-30/06/2022, AAP RIN Collaboratif), ALGRIPLAST (01/09/2019-30/06/2022, AAP RIN Collaboratif) et Algues 4 Biométhane (19/03/2019-18/09/2020), AAP FRATRI Hauts-de-France). Les projets collaboratifs REVIBIOS (AAP GRAINE 2018) et PROCONSAL (AAP RECORD) n'ont en revanche pas été retenus. Aux nouveaux projets collaboratifs de l'année 2019, s'ajoutent le montage et démarrage de quatre thèses de doctorat démarrés en janvier (thèse MATBIOCOMP), septembre (thèse CAMPUS France) et octobre 2019 (thèse GoLaSalle-CABBLAR, thèse DIVA). L'année 2019 a également vu la fin du projet INTERREG SB&WRC au 30 septembre.

Le schéma stratégique ci-dessous présente, à ce jour, l'ensemble des projets de l'équipe VAM<sup>2</sup>IN acquis (en vert au nombre de seize), déposés (en orange au nombre de dix) et identifiés (en bleu au nombre de onze). Sur trente-sept projets, dix sont nationaux, onze sont internationaux, quatorze sont régionaux et trois sont des projets d'entreprises.

---

<sup>47</sup> ENSAIT : Ecole Nationale Supérieure des Arts et Industries Textiles.

<sup>48</sup> GEMTEX : Laboratoire GENie des Matériaux TEXTile - EA 2461.

STRATÉGIE DE RECHERCHE DE L'UNITE TRANSFORMATIONS ET AGRORESSOURCES  
EQUIPE VAM<sup>2</sup>IN

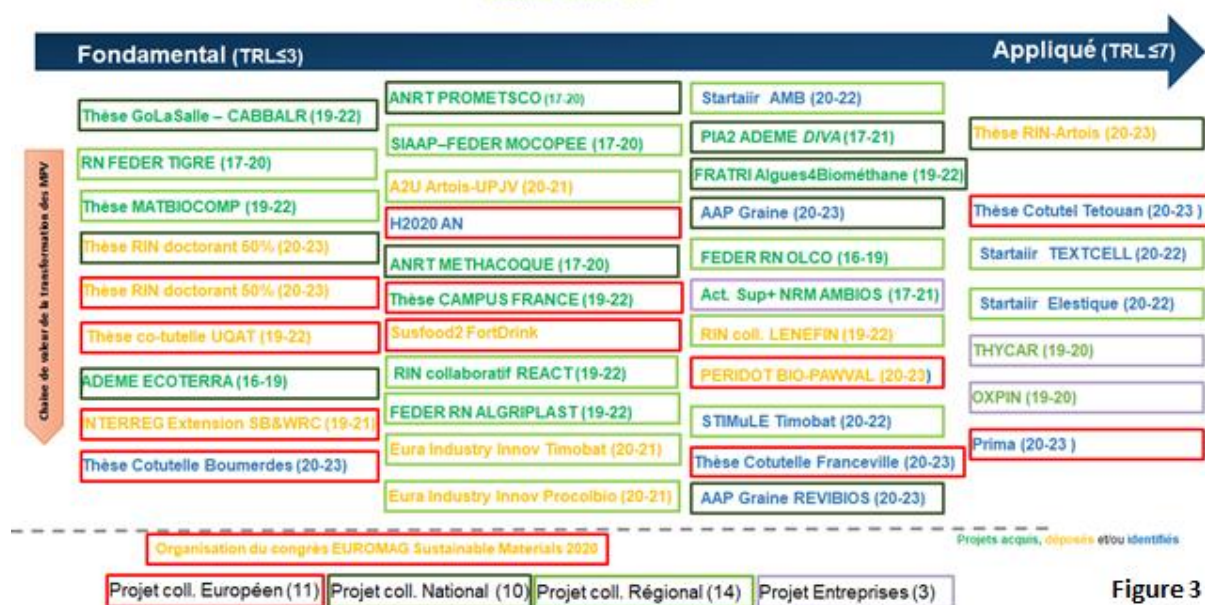


Figure 3

### Nouveaux programmes de recherche

- **ALGUES 4 BIOMETHANE (APP FRATRI Hauts-de-France)**

Déposé dans le cadre du Fond Régional d'Amplification de la Troisième Révolution Industrielle de la Région Hauts-de-France, le projet ALGUES 4 BIOMETHANE est porté par UniLaSalle en qualité de coordinateur, l'UTC et GRTgaz en qualité de partenaires principaux, auxquels s'adjoignent des partenaires scientifiques (INRA LBE, GEPEA, IRSTEA, CEA Tech, CEBC CentraleSupElec). L'objectif est de mettre en place un pilote démonstrateur de culture et de co-digestion d'algues produisant du biométhane sur le site UniLaSalle, campus de Beauvais. Le projet a démarré le 19/03/2019 pour une durée de deux ans.

- **Thèse GoLaSalle /CABBALR**

Le projet de thèse « Influence des paramètres des procédés de transformation subis par la matière végétale : focus sur les fonctionnalités apportées par la température, le pH et l'ozone », retenu dans le cadre des AAP GoLasalle et CABBALR (Communauté d'Agglomération Béthune, Bruay, Artois Lys Romane), a démarré le 1er octobre 2019, avec le recrutement de Maya Diakit (CDD UniLaSalle 3 ans). Réalisée en co-direction entre les sites de Rouen (N. Leblanc, H. Lenormand) et de Béthune (P. Martin, N. Joly), cette thèse vise à identifier les molécules naturelles responsables et/ou impliquées dans la transformation de la chènevotte, en déterminant la composition biochimique de cette agro-ressource avant et après procédé de transformation. L'aspect fondamental de modifications des macromolécules composant la matière végétale sera notamment étudié afin d'essayer d'obtenir des modèles de prédiction pour des systèmes plus complexes (multiphasique, composite).

- **REACT (AAP RIN Collaboratif)**

Le projet collaboratif REACT (Emballages bArrière Recyclables et ComposTables), accepté dans le cadre de l'AAP RIN Collaboratif, a démarré en juin 2019. Porté par IPC (Innovation Plasturgie Composites) en qualité de coordinateur et UniLaSalle, Université Rouen Normandie-PBS, ISPA, le CRT Praxens et les industriels Polytechs SA et Bischof + Klein France SAS en qualité de partenaires principaux, ce projet vise à substituer des films multicouches actuels qui sont incinérés ou enfouis, par de nouveaux emballages barrière recyclables et compostables. VAM<sup>2</sup>IN est particulièrement impliqué sur la partie

du programme dédiée à la formulation et l'élaboration de matériaux amylicés multicouches biosourcés actifs biodégradables. Intégrant les travaux conjoints des collègues VAM<sup>2</sup>IN présents sur les trois sites pour développer cette partie, l'unité de recherche CYCLANN est également impliquée et réalisera la partie ACV des nouveaux emballages éco-conçus du projet REACT.

○ **ALGRIPLAST (AAP RIN Collaboratif)**

Le projet collaboratif ALGRIPLAST (Valorisation dérivés et coproduits algues et céréales pour applications plasturgie), accepté dans la cadre de l'AAP RIN Collaboratif, a démarré le 1<sup>er</sup> octobre 2019 pour une durée de 33 mois. Porté par l'entreprise Natureplast en partenariat avec 2 laboratoires de recherche (UTA, UMR EVA de Caen Normandie université) et deux autres industriels (AGRIAL, ALGAIA), ce projet vise à développer des matériaux et produits finis plastiques biodégradables valorisant dérivés et coproduits d'algues, de céréales et de légumes dans une optique d'économie circulaire. Les travaux porteront notamment sur la recherche de nouvelles fonctionnalités pouvant être apportées par l'utilisation de ces coproduits et dérivés dans la plasturgie. Trois types de verrous seront étudiés : réglementaires, techniques et économiques.

○ **Thèse MATBIOCOMP (AAP RIN doctorant 50%)**

Florian Martin a été recruté en janvier 2019 pour préparer sa thèse de doctorat, intitulée « Influence de la structure de l'agro-ressource et des interactions liant biosourcé-particules végétales sur les performances du matériau » (thèse MATBIOCOMP (MATériau BIOCOMPOSITE à base de coproduits végétaux). Cette thèse est co-financée dans le cadre du RIN Doctorant 50% et de la chaire AMBIOS. Après un travail bibliographique sur la composition de la matière végétale, les liants biosourcés, les panneaux de particules associant liants biosourcés et granulats végétaux, et la formation sur les équipements, Florian a recherché les protocoles expérimentaux adaptés et a réalisé les premières expérimentations sur le matériau de référence en formulant le liant biosourcé de référence (caséinate), en établissant le protocole d'élaboration des panneaux de particules à base d'anas de lin et en déterminant les performances mécaniques du panneau de particule de référence.

○ **Thèse CAMPUS FRANCE**

Mazhar Hussain a été recruté en octobre 2019 pour préparer sa thèse de doctorat, intitulée "Valorization of sediments in bio-based materials – Application to fluvial sediments with incorporation of natural fibers", dans le cadre d'une bourse délivrée par la Higher Education Commission of Pakistan. Réalisée en co-direction entre l'équipe VAM<sup>2</sup>IN (N. Leblanc, H. Zmamou) et le laboratoire M2C de Caen Normandie Université (D. Levacher), cette thèse vise à valoriser des sédiments fluviaux mexicains en élaborant des matériaux biosourcés, par association avec des fibres végétales. L'interaction entre les matières minérales et végétales sera particulièrement étudiée.

○ **Thèse projet collaboratif DIVA**

Désiré Ndashirwa a été recruté le 15 octobre 2019 pour préparer sa thèse de doctorat, intitulée « Valorisation de granulats végétaux dans des mortiers biosourcés : relation composition-structure-propriétés ». Cette thèse s'intègre dans le projet collaboratif DIVA (Démonstrateurs Industriels Valorisant des Agro-résidus) et vise à valoriser différentes cendres dans de nouveaux mortiers biosourcés, intégrant le maximum de ces cendres. Les caractérisations physico-chimiques des matières premières entrant dans la formulation d'un mortier biosourcé (granulats végétaux et matières minérales) et des mortiers biosourcés obtenus seront réalisées afin d'étudier la relation composition-structure-propriétés de ces matériaux.

**Dépôt de nouveaux programmes de recherche :**

○ **LENEFIN (AAP RIN Collaboratif)**

Le projet collaboratif LENEFIN (Lin Eco-conception Normandie Emballage Fragrance et INnovation), en cours de dépôt dans le cadre de l'AAP RIN Collaboratif, est porté par Maison de Parfums Berry, en partenariat avec VAM<sup>2</sup>IN, Université Rouen Normandie-SMS et Dehondt Composites. L'objectif général du projet vise réaliser un parfum à base de Lin 100% normand intégrant fragrance et emballage. Sur le dernier volet, la conception d'un modèle de packaging modulable à base de lin (fibre longue et co-produit) permettra une identification des différentes collections des parfums et également une reconversion des usages (couvercle réutilisable en porte savon, cylindre en pot à crayons ou pinceaux de maquillage).

○ **Extension SB&WRC (AAP INTERREG VA)**

Le projet d'extension du projet INTERREG SB&WRC a été déposé fin septembre 2019 et est actuellement en cours d'instruction. Il vise à optimiser le process de mise en œuvre des trois prototypes obtenus à l'issue du projet SB&WRC afin de se rapprocher de la commercialisation. Pour UniLaSalle, le prototype développé à base de moelle de maïs présente des propriétés thermiques comparables aux isolants commercialisés actuellement. La présence d'un gisement suffisant et d'une technique de séparation moelle/écorce existant à échelle industrielle a également été mis en évidence. L'étude économique montre cependant un coût de production de cet isolant à échelle industrielle trop élevé en l'état. L'approfondissement de l'étude économique sera donc mené dans le cadre de l'extension du projet, en recherchant d'autres systèmes constructifs qui amélioreraient les coûts économiques. L'ajout de liant biosourcé à la formulation du prototype qui optimiserait le process (réduction de temps de pressage, diminution de la température) sans impacter les propriétés du matériau sera également menée ainsi que l'ACV complète du prototype en incluant sa fin de vie.

○ **Bio-PAWAL (AAP PERIDOT)**

Le projet collaboratif BIO-PAWVAL (Designing BIO-based and biodegradable Packaging through Agriculture Waste Valorization) a été déposé à l'AAP PHC PERIDOT 2020 en novembre 2019. D'une durée de trois ans (avril 2020-mars 2023), le programme d'échanges de chercheurs et doctorants défini entre UniLaSalle et le National Institute of Food Science and Technology de l'Université d'Agriculture de Faisalabad (Pakistan) portera sur la conception de nouveaux emballages biodégradables à base de PHA issu de la conversion de déchets alimentaires.

○ **Thèse co-tutelle UQAT**

Le projet de thèse intitulé « Composite à base de matrice polymère biosourcée » a été monté en co-tutelle (N. Leblanc, M. Ragoubi) avec le laboratoire biomatériaux (A. Koubaa) de l'Université du Québec en Abitibi-Témiscamingue (UQAT). Le doctorant recruté Thomas SANGO prépare actuellement la partie théorique de son sujet et présentera son travail en décembre 2019. Le présent projet consiste à préparer, à caractériser et à comparer les propriétés de mélanges binaires et hybrides ternaires à base de Polyéthylène 2,5-Furanoate (PEF) avec les fibres de bois enrichies en cellulose et/ou de lignine, d'abord à l'état native et puis à l'état fonctionnalisée avec différents acides. Les mélanges d'ingrédients non-fonctionnalisés seront réalisés préalablement afin de comparer et justifier l'utilité et l'impact de la fonctionnalisation sur les propriétés des composites à mettre en forme par les voies casting, extrusion et thermocompression. Les techniques d'analyse de stabilité à la biodégradation, de physico-chimie de surface, morphologique, thermique, structurale, mécanique et de barrière aux gaz seront utilisées pour caractériser les ingrédients ainsi que les matériaux.

○ **Thèse LIANOV (AAP RIN Doctorant 50% 2019)**

Le projet de thèse intitulé « Mise au point de nouveaux liants 100% biosourcés pour le bâtiment (LIANOV) », déposé le 21 novembre 2019 à l'AAP RIN Doctorant 50% 2019 est en cours d'instruction. Prévues en co-direction entre les sites de Rouen (R. Gattin, F. Bacoup) et de Béthune (N. Joly, P. Martin), cette thèse vise à formuler de nouveaux liants biosourcés composés uniquement avec des composés

d'origine naturelle de type polysaccharides bruts ou modifiés pour augmenter leur hydrophobicité. Le choix du liant le mieux adapté doit être modulé en fonction des caractéristiques de l'agro-ressource sélectionnée et des propriétés spécifiques attendues pour le matériau final (résistance mécanique, capacité d'isolation thermique ou acoustique, tenue à l'eau, au feu, durabilité, compostabilité). L'interaction liant-particule végétale sera une question centrale et doit être étudiée au niveau morphologique, chimique et physique.

○ **Thèse PDMBIO (AAP RIN Doctorant 50% 2019)**

Le projet de thèse intitulé « Performances Diélectriques des Matériaux BIOSourcés (PDMBIO), déposé le 21 novembre 2019 à l'AAP RIN Doctorant 50% 2019 est en cours d'instruction. Prévues en co-tutelle (N. Leblanc, M. Ragoubi) avec le laboratoire biomatériaux (A. Koubaa) de l'Université du Québec en Abitibi-Témiscamingue (UQAT), cette thèse vise à explorer les performances diélectriques des polymères biodégradables et/ou biosourcés et à disperser des particules minérales dans la matrice polymérique biosourcée afin d'augmenter les performances diélectriques. La relation composition-structure-performances des matériaux biocomposites par l'analyse des interfaces polymère biodégradable-particule minérale sera notamment étudiée.

○ **REVIBIOS (AAP GRAINE 2019)**

Le projet collaboratif REVIBIOS (Revalorisation en fin de Vie des matériaux Biosourcés), retenue à l'issue de la première phase de sélection de l'AAP ADEME GRAINE 2018 mais pas à la seconde, sera redéposé à l'AAP ADEME GRAINE 2019. Porté par la SCOP KARIBATI, partenaire historique d'UniLaSalle depuis 2012, ce projet vise à identifier les futures voies de valorisation économiquement et techniquement intéressantes pour les matériaux biosourcés du bâtiment (réemploi, compostage, recyclage et valorisation énergétique). La faisabilité technico-économique concernant la mise en place de filières de valorisation des produits biosourcés de la construction en fin de vie (isolants tels que panneaux, rouleaux ou vrac et bétons) sera notamment étudiée.

Développement des réseaux

- GIS SOLIMETHA : Continuité des actions dans le cadre de la convention établie entre les établissements UTC et UniLaSalle.
- Centre Technique National du Biogaz et de la Méthanisation : Participation au sein du Comité d'Orientation Stratégique du CTBM.
- Développement de la plateforme technique AGRO<sup>R</sup>TECH en partenariat avec Rouen Normandie Métropole pour un investissement de 300k€ d'équipements complémentaires sur la période 2019/2020.
- Préparation de l'organisation de la conférence Euromagrébine EUROMAGH Sustainable Materials 2020, prévue en novembre 2020 en Normandie. Constitution du comité d'organisation et du comité scientifique en cours.
- Préparation de l'organisation de l'école thématique Sustainable Materials 2020, associée à la conférence EUROMAGH 2020, prévue à la suite de la conférence à UniLaSalle Rouen.
- Chaire AMBIOS : finalisation des partenariats intégrant de nouveaux industriels. Continuité d'animation de la Coalition d'action « Construire et Rénover avec les matériaux biosourcés », en partenariat avec Rouen Métropole Normandie, suite à la signature de l'Accord de Rouen pour le climat-COP21.

Ressources Humaines nouvelles

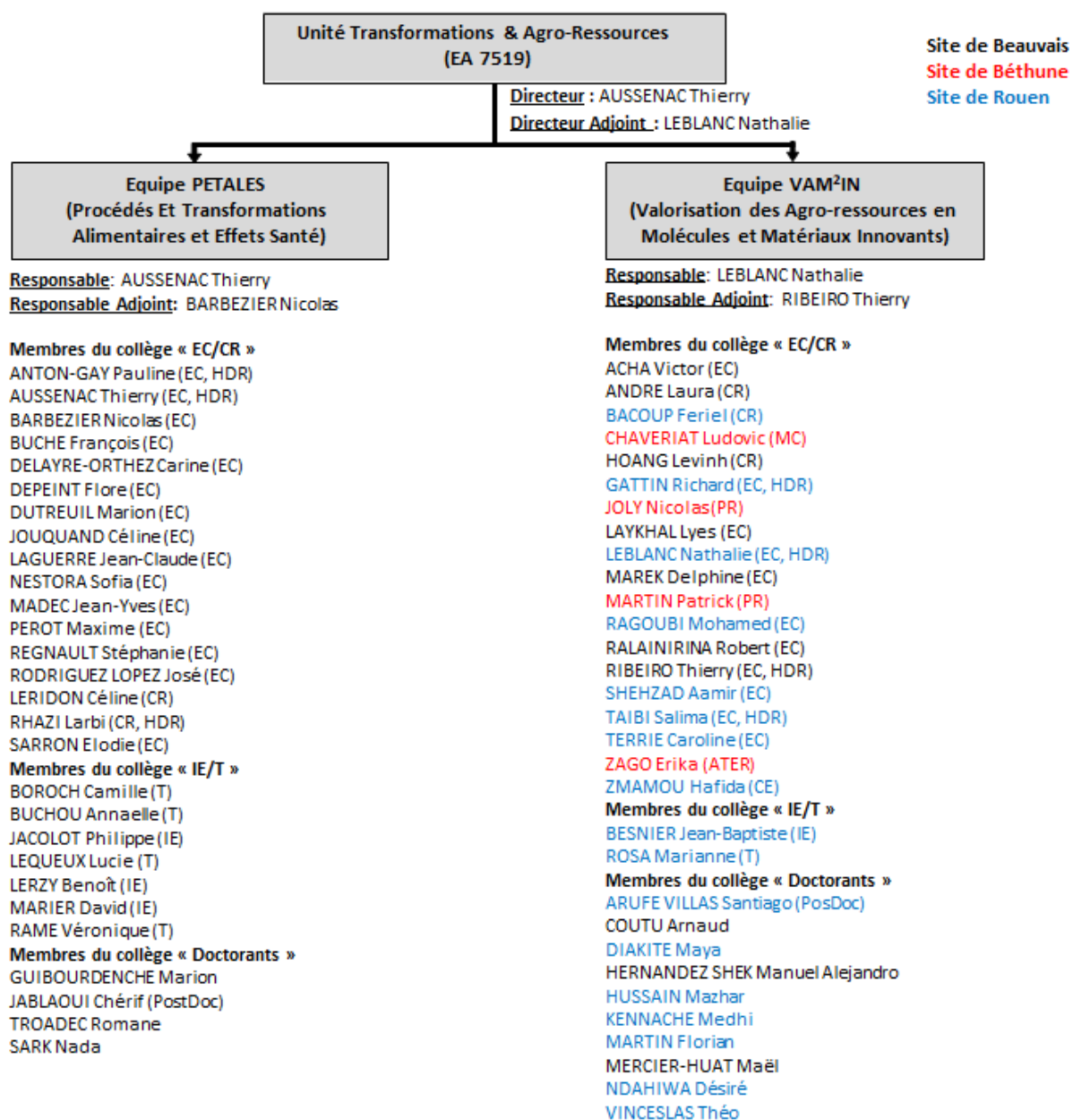
- Recrutement d'un Ingénieur d'études en génie des procédés et bioprocédés, Hélène THOMAS, en charge des activités opérationnelles dans le cadre du projet Algues 4 biométhane, visant la production d'algues et leur co-digestion en méthanisation avec des coproduits d'origine agricole en vue d'une production de biométhane, à compter du 02/12/2019 pour un CDD de 18 mois.

- Recrutement d'un Enseignant-Chercheur (E-C) en biotechnologie dans la cadre du remplacement d'Angélique Mahieu (mutation à Rennes). Intégré à l'équipe VAM<sup>2</sup>IN, cet E-C international réalisera ses activités de formation dans la nouvelle formation Internationale i-SAFE (Sustainable Ag & Food Entrepreneurship) démarrée en septembre 2019.
- Renouvellement du CDD de Marianne Rosa en janvier 2020, rattachée à l'activité du centre de compétences AGRO<sup>R</sup>TECH.
- Renouvellement du CDD de Ferial BACOU en mars 2020, rattachée à l'activité du centre de compétences AGRO<sup>R</sup>TECH.
- Recrutement d'un post-doctorant en CDD 24 mois pour le projet collaboratif REACT à partir de février 2020.
- Recrutement d'un post-doctorant en CDD 18 mois pour le projet collaboratif ALGRIPLAST à partir de février 2020.



## 4 - ANNEXES

### 4.1 – Organigramme de l'unité (au 01/09/2019)





#### 4.2 – Compétences des membres permanents de l'Unité EA 7519 (Effectifs au 01/09/2019)

NOM Prénom	Domaine de compétences
<b>EQUIPE PETALES</b>	
ANTON-GAY Pauline	Physio-pharmacologie digestive, Sécurité alimentaire
AUSSENAC Thierry	Physiologie et biochimie végétale
BARBEZIER Nicolas	Biologie moléculaire et cellulaire
BOROCH Camille	Chimie analytique - Zootechnie
BUCHE François	Sciences et technologies des aliments
BUCHOU Annaelle	Chimie analytique et génie des procédés
DELAYRE Carine	Immunologie et Pharmaco-Toxicologie
DEPEINT Flore	Nutrition appliquée
DUTREUIL Marion	Sciences animales
JACOLOT Philippe	Chimie analytique
JOUQUAND Céline	Biochimie industrielle, formulation et analyse sensorielle
LAGUERRE Jean-Claude	Génie des Procédés alimentaires, Procédés thermiques et micro-ondes
LAKHAL Lyes	Spectroscopie - Chimiométrie
LEQUEUX Lucie	Chimie analytique
LERIDON Céline	Chimie analytique
LERZY Benoit	Microbiologie et génie des procédés
MADEC Jean-Yves	Alimentation animale et Zootechnie
MARIER David	Microbiologie
NESTORA Sofia	Biotechnologies-Bioprocédés
PEROT Maxime	Immunologie
RAME Véronique	Microbiologie
REGNAULT Stéphanie	Biochimie analytique
RHAZI Larbi	Chimie analytique, Biologie moléculaire
RODRIGUEZ José-Miguel	Physiologie animale
SARRON Elodie	Microbiologie
<b>EQUIPE VAM<sup>2</sup>IN</b>	
ACHA Victor	Génie des Procédés Biologiques
ANDRE Laura	Bioprocédés-méthanisation
BACOUF Feriel	Physicochimie polymères naturels et matériaux biosourcés
BESNIER Jean-Baptiste	VANA, procédés, caractérisation physico-chimique
CHAVERIAT Ludovic	Chimie du végétal, caractérisation physico-chimique
GATTIN Richard	Agromatériaux et biodégradabilité
HOANG Levinh	Génie des Procédés
HERISSON Alexandre	Génie des Procédés – Chimie de la lignocellulose
JOLY Nicolas	Extraction du végétal, Chimie des polymères végétaux, matériaux
LEBLANC Nathalie	Physicochimie polymères, sciences matériaux biosourcés
LEQUART Vincent	Chimie du végétal, caractérisation physico-chimique
LENORMAND Hélène	Physicochimie polymères, qualité des agroressources
MAREK Delphine	Chimie organique, Chimie des Agroressources
MARTIN Patrick	Chimie biosourcée ; biomolécules & biopolymères
RAGOUBI Mohamed	Sciences physiques- procédés- matériaux biosourcés
RALAINIRINA Robert	Génie des Procédés
RIBEIRO Thierry	Bioprocédés - méthanisation
ROSA Marianne	VANA, procédés, caractérisation physico-chimique
SHEHZAD Aamir	Procédés agroalimentaires
TAÏBI Salima	Statistiques, modélisation
TERRIE Caroline	Physicochimie des polymères, agromatériaux
ZAGO Erika	Chimie biosourcée, chimie biocatalysée
ZMAMOU Hafida	Chimie des matériaux biosourcés

#### 4.3 – Conseil de l'Unité EA 7519

NOM Prénom	Statut
<b>COLLEGE DIRECTION</b>	
AUSSENAC Thierry	Directeur Unité – Responsable équipe PETALES
LEBLANC Nathalie	Directeur Adjoint Unité – Responsable équipe VAM <sup>2</sup> IN
BARBEZIER Nicolas	Co-Responsable équipe PETALES
RIBEIRO Thierry	Co-Responsable équipe VAM <sup>2</sup> IN
<b>COLLEGE ENSEIGNANTS-CHERCHEURS/CHARGES DE RECHERCHE</b>	
DELAYRE Carine	E-C – Directeur de Collège
MAHIEU Angélique	E-C
MAREK Delphine	E-C
RHAZI Larbi	C-R
<b>COLLEGE PERSONNELS TECHNIQUES</b>	
BESNIER Jean-Baptiste	I-E
LERZY Benoit	I-E
<b>COLLEGE DOCTORANTS</b>	
KHENNACHE Mehdi	Doctorant EDNBISE
MERCIER-HUAT Maël	Doctorant CIFRE ED71

A l'aplomb de la signature de la convention entre l'Université d'Artois et UniLaSalle, la composition de ce Conseil d'Unité sera revue au cours du premier trimestre 2020.

#### 4.4 – Indicateurs HCERES pour l'Unité EA 7519

INDICATEURS	Années de Publication		
	2017*	2018*	2019*
Production Scientifique			
<b>(ACL)</b> <i>Articles dans des revues internationales ou nationales avec comité de lecture répertoriées dans les bases de données internationales</i>	25	21	14
<b>(ACT)</b> <i>Communications avec acte dans un congrès international ou national</i>	10	21	9
<b>(AFF)</b> <i>Communication par affiche dans un congrès international ou national</i>	19	22	17
<b>(AP)</b> <i>Autres publications</i>	5	7	9
<b>(TH)</b> <i>Thèses soutenues</i>	2	2	1
<b>(COM)</b> <i>Communications orales sans acte dans un congrès international ou national</i>	17	21	15
<b>(INV)</b> <i>Conférences données à l'invitation du comité d'organisation dans un congrès national ou international</i>	2	9	2
<b>(OS)</b> <i>Ouvrages scientifiques (ou chapitres de ces ouvrages)</i>	1	1	2
<b>(BR)</b> <i>Brevets (Nationaux et Internationaux)</i>	2	3	1

(\* ) Incluant la production du site Béthune (Université d'Artois).

INDICATEURS 2019	CIBLE	T&A PETALES (6,2 ETPR)	T&A VAM <sup>2</sup> IN (7,4 ETPR)	TOTAL T&A
Nb de publications ACL/an		8	6	14
Nb ACL publications avec des équipes internationales, au moins une équipe étrangère		4	2	6
Nb ACL avec au moins 50 % des auteurs de l'Unité		3	2	5
taux de publications ACL/an/ETP		1,29	0,82	1,03
Nb de thèses encadrées /an		3	8	11
Taux de producteurs ACL (N EC et CR publiant depuis 2 ans / N total d'EC et CR)		0,65	0,83	---
Nb de participations colloques oraux (y compris posters)		26	15	41
Nb de participations colloques orales invités		0	2	2
Nb de projets déposés		4	8	12
Nb de projets retenus		3	6	9
Taux de réussite des dépôts				
Nb de projets RD en cours (hors Thèses)		6	8	14
Nb de Thèses CIFRE et contrats privés 100 %		0	2	2
Nb de brevets déposés	0	1	0	1
Nb de méthodologies/protocoles/OAD		0	0	0
Nb de partenariats contractés avec le monde socioéconomique		7	0	7
Nb d'ouvrages	0	1	0	1
Nb de chapitres	2	2	0	2
Participation à communication interne			6	
Nb d'actions de diffusion scientifique/vulgarisation		2	5	7
Nb de modules de formation par la recherche (1 er et 2ème cycle)		0	1	1
Nb de modules cours de formation Doctorale		0	0	0
Nb d'ACL issus de travaux pédagogiques		0	0	0

Compilation des articles dans des revues internationales ou nationales avec comité de lecture répertoriées dans les bases de données internationales (ACL).

#### PRODUCTION ACL - ANNEE 2017

- [1] Al Amir I, Dubayle D, Héron A, Delayre-Orthez C, Anton PM, (2017). Maillard Reaction Products from highly heated food prevent mast cell number increase and inflammation in a mouse model of colitis. *Nutrition Research*. 48:26-32.
- [2] ALJahdali N., Gadonna-Widehem P., Delayre-Orthez C., Marier D., Garnier B., Carbonero F., Anton PM. (2017). Repeated oral exposure to Ne-Carboxymethyllysine, a Maillard Reaction Product, alleviates gut microbiota dysbiosis in colitic mice. *Digestive Diseases Science*. 62: 3370–3384.
- [3] André L., Pauss A., Ribeiro T. (2017). A modified method for COD determination of solid waste, using commercial COD-kit and an adapted disposable weighing support. *Bioprocess and Biosystems Engineering*. 40:473–478.
- [4] Baskara I., Niquet-Léridon C., Anton P.M., Delayre-Orthez C. (2017). Neoformed compounds from the Maillard reaction in infant formulas: a new risk factor for allergy? *EMJ Allergy Immunol*. 2: 87-93.

- [5] Chabriac, P.-A., Gourdon, E., Glé, G., Fabbri, A., Lenormand, H. (2017). Agricultural by-products for building insulation: acoustical characterization and modeling to predict micro-structural parameters. *Construction & Building Materials*. *Construction & Building Materials*. 112: 158-167.
- [6] Dou S., Gadonna-Widehem P., Rome V. , Hamoudi D. , Rhazi L., Lakhal L., Larcher T. , Bahi-Jaber N., Pinon-Quintana A. , Guyonvarch A. , LE Huërou-Luron I., Abdennebi-Najar L. (2017). Characterisation of early-life fecal microbiota in susceptible and healthy pigs to post-weaning diarrhoea. *PLoS one*. 12.
- [7] El Bouzdoudi B., Saïdi R., Nejjar El Ansari Z., L'bachir El Kbiach M., Martin P., Badoc A., Lamarti A. (2017). Micropropagation of Carob (*Ceratonia siliqua* L.) through Adventitious Buds of Immature Embryonic Cotyledons. *American Journal of Plant Sciences*. 8: 2180-2195.
- [8] El Bouzdoudi B., Ammouri N., Joly N., Martin P., Saïdi R., Nejjar El Ansari Z., Bouras M., Badoc A., Lamarti A. (2017). Total Polyphenols and Gallic Acid Contents in Domesticated Carob (*Ceratonia siliqua* L.) Pods and Leaves. *International Journal of Pure & Applied Bioscience*. 5: 22-30.
- [9] El Bouzdoudi B., Saïdi R., Embarch K., El Mzibri M., Nejjar El Ansari Z., El Kbiach M., Badoc A., Martin P., Lamarti A. (2017). Mineral Composition of Mature Carob (*Ceratonia siliqua* L.) Pod: A Study. *International Journal of Food Science and Nutrition Engineering*. 7: 91-103.
- [10] Gozé P., Rhazi L., Paus A., Lakhal L., Aussenac T. (2017). Effects of ozone pre-treatment on the molecular properties of wheat grain proteins. *Journal of Cereal Science*. 75: 243-251.
- [11] Helou C., Anton PM., Niquet-Léridon C., Spatz M., Tessier FJ., Gadonna-Widehem P. (2017). Fecal excretion of Maillard reaction products and gut microbiota composition of rats fed with bread crust or bread crumb. *Food & Function*. 8: 2722-2730.
- [12] Iurciuc-Tincu C., Peptu C., Savin A., Atanase L., Souidi K., Mackenzie G., Martin P., Riess G., Popa M. (2017). Microencapsulation of baker's yeast in gellan gum beads used in repeated cycles of glucose fermentation. *International Journal of Polymer Science*. doi.org/10.1155/2017/7610420.
- [13] Iurciuc-Tincu C., Savin C., Martin P., Peptu C., Popa M. (2017). Yeast cells immobilized in ionic crosslinked hydrogel particles based on gellan and gellan/ carboxymethyl cellulose - comparative study. *J. of Nanosc. and Nanotech*. 17: 4827-4836.
- [14] Iurciuc-Tincu C., Lungu C., Martin P., Popa M. (2017). Gellan. Pharmaceutical, Medical and Cosmetic Applications. *Cellulose Chemistry and Technology*. 51: 187-202.
- [15] Iurciuc-Tincu C., Savin A., Atanase L., Martin P., Popa M. (2017). Physico-chemical characteristics and fermentative activity of the hydrogel particles based on polysaccharides mixture with yeast cells immobilized, obtained by ionotropic gelation. *Food and Bioproducts Processing*. 104, 104-123.
- [16] Jouquand, C., Niquet-Léridon, C., Loaec, G. and Tessier, FJ. (2017). Effect of added nitrogen fertilizer on pyrazines of roasted chicory. *J. Sci. Food Agric*. 97: 1172-1177.
- [17] Kone, K. Y., Gnimpieba, Z. E., Soro, D., Assidjo, N. E., Laguerre, J.-C. (2017). Effect of Shape of a Fruit Model-Product (Sodium Alginate Gel) Dried by Microwave and Modeling of Drying Kinetics. *Asian Journal of Agriculture and Food Sciences*. Vol 5, n°3, June 2017.
- [18] Laguerre J.C., Ratovoarisoa L.G., Vivant, A.-C., Gadonna, J.-P., Jouquand, C. (2017). An iconographic correlation method for optimizing a combined microwave/hot air drying of apple *Malus domestica* Sp. *J Food Process Technol*. 8:9 (Suppl).
- [19] Le Guern F., Ouk T.-S., Grenier K., Joly N., Lequart V., Sol V. (2017). Enhancement of photobactericidal activity of chlorin-e6 grafted on cellulose nanocrystals by covalent coupling with polymyxin B. *Journal of Materials Chemistry B*. 5: 6953-6962.
- [20] Lenormand, H., Glé, P., Leblanc, N. (2017). Investigation of the acoustical and thermal properties of sunflower particleboards. *Acta Acustica united with Acustica*. 103: 1-9.
- [21] Mahieu A., Terrié C., Leblanc N. (2017). Role of ascorbic acid in an active packaging multilayer film based on plasticized starch and polycaprolactone. *Packaging Research*. 20, Number W12.
- [22] Mondoulet L., Kalach N., Dhelft V., Larcher T., Delayre-Orthez C., Benhamou P-H., Spergel J., Sampson H.A., Dupont C. (2017). Treatment of gastric eosinophilia by epicutaneous immunotherapy in piglets sensitized to peanuts. *Clin Exp Allergy*. doi: 10.1111/cea.13037. [Epub ahead of print].

- [23] Pérot M., Lupi R., Guyot S., Delayre-Orthez C., Gadonna-Widehem P., Thébaudin J-Y., Bodinier M., Larré C. (2017). Polyphenol Interactions Mitigate the Immunogenicity and Allergenicity of Gliadins. *J Agric Food Chem.* 65:6442-6451.
- [24] Souidi K., Lkrik A., Joly N., Martin P. (2017). Effect of polyphenol extracts from olive (*Olea europaea*. L) solid residues and leaves on the oxidative stability of olive oil. *Biointerface Research in Applied Chemistry.* 7: 1963-1968.
- [25] Vanmarcke A., Leroy L., Stoclet G., Duchatel-Crépy L., Lefebvre J-M., Joly N., Gaucher V. (2017). Influence of Fatty Chain Length and Starch Composition on structure and properties of Fully Substituted Fatty Acid Starch Esters. *Carbohydrate Polymers.* 164: 249–257.

## PRODUCTION ACL - ANNEE 2018

- [1] André L., Pauss A., Ribeiro T. (2018). Solid anaerobic digestion: State-of-art, scientific and technological hurdles. *Bioresource Technology.* 247: 1027-1037.
- [2] Boussatour G., Cresson P.-Y., Genestie B., Joly N., Lasri T. (2018). Dielectric Characterization of Polylactic Acid Substrate in the Frequency Band 0.5-67 GHz. *IEEE Microwave and Wireless Components Letters.* 28: 374-376.
- [3] Boussatour G., Cresson P.-Y., Genestie B., Joly N., Brun J.-F., Lasri T. (2018). Measurement of the thermal conductivity of flexible biosourced polymers using the 3-omega method. *Polymer Testing.* 70: 503-510.
- [4] Depeint F., Niamba CN., Illner AK., Buche-Foissy C., Branchu J., Younes H., Loncke C., Pouillart PR. (2018). Investigating the modifications of sugar perception and consumption in cancer patients. *Nutr Cancer Int J.* DOI: 10.1080/01635581.2018.1494844.
- [5] Es-Soufi R., El Kbiach M.L., Errabii T., Saidi R., Badoc A., Chaveriat L., Martin P., Lamarti A. (2018). Biology and Physiology of Colletotrichum acutatum Strains Causing Strawberry's Anthracnose. *Agricultural Sciences.* 9: 974-990.
- [6] Es-Soufi R., El Kbiach M.L., Errabii T., Saidi R., Badoc A., Chaveriat L., Martin P., Lamarti A. (2018). In Vitro Evaluation of the Resistance of Seven Isolates of Colletotrichum acutatum to Thiram and Copper. *Journal of Microbiology Research.* 8: 60-68.
- [7] Fernandez-Figares I., Rodriguez-Lopez JM., Gonzalez-Valero L., Lachica M. (2018). Iberian pig adaptation to acorn consumption: I. Net portal appearance of metabolites. *Peer J.* DOI 10.7717/peerj.5861.
- [8] Fernandez-Figares I., Rodriguez-Lopez JM., Gonzalez-Valero L., Lachica M. (2018). Iberian pig adaptation to acorn consumption: II. Net portal appearance of amino acids. *Peer J.* DOI 10.7717/peerj.6137.
- [9] Iurciuc-Tincu C., Savin A., Atanase L., Danu M., Martin P., Popa M. (2018). Encapsulation of Saccharomyces cerevisiae in hydrogel particles based gellan ionically cross-linked with zinc acetate. *Powder Technology.* 325: 476-489.
- [10] Jablaoui C., Besombes C., Jamoussi B., Ben Ismail H., Rhazi L., Allaf K. (2018). Phytosanitary Decontamination of Crude Rapeseed Oil by Instant Multi-Flash Autovaporization (MFA). *Saudi Journal of Engineering and Technology.* DOI: 10.21276/sjeat.2018.3.8.2, (2018).
- [11] Jouquand, C., Niquet-Léridon, C., Jacolot, P., Petit, N., Marier, D., Gadonna-Widehem, P. (2018). Effects of Maillard Reaction Products on sensory and nutritional qualities of the traditional French baguette. *Journal of Food Science.* 83: 2424-2431.
- [12] Koné K.Y., Cissé M., Cissé I., Soro D., Gnimpieba Z. E., Assidjo Noggbou E., Laguerre J.-C. (2018). Effect of three types of plastic packaging material on the preservation of physicochemical and organoleptic quality of plantain banana chips (*Musa spp*). *ARP Journal of Agricultural and Biological Science.* 13: 1-10. ISSN 1990-6145.
- [13] Le Guenic S., Chaveriat L., Lequart V., Joly N., Martin P. (2018). Renewable surfactants for biochemical applications and nanotechnology. *Journal of Surfactants and Detergents.* DOI: 10.1002/jsde.12216.

- [14] Mimoun-Benarroch M., Lallement J., Rhazi L., Boroch C., Hugot C., Younes H., Depeint F. (2018). Free form astaxanthin from yeast *Phaffia rhodozyma* fermentation reduces plasmatic triglycerides in a pre-obesity diet-induced dyslipidaemia mouse model. *J Food Comp Anal.* 65: 11-15.
- [15] Morais R.M.S., Morais A.M.M.B., Dammak I., Bonilla J., Sobral P.J.A., Laguerre J.-C., Afonso M.J., Ramalhosa E.C.D. (2018). Review article, Functional Dehydrated Foods for Health Preservation. *Journal of Food Quality.* DOI:10.1155/2018/1739636.
- [16] Nicolas, C., Jaisson, S., Gorisse, L., Tessier, F.J., Niquet-Léridon, C., Jacolot, P., Pietrement, C., Gillery, P. (2018). Carbamylation is a competitor of glycation for protein modification in vivo. *Diabetes & Metabolism.* 44: 160-167.
- [17] Perez G., Guzman J., Ramos J., Duran K., Acha V. (2018). Utilization of egg shells in fortification of food. *J. Sc. Technol. & Innov.* 16: 29-38.
- [18] Ragoubi M., Zouari R., Ben Abdeljawad M., Terrié C., Baffoun A., Alix S., Leblanc N. (2018). Design of doum palm fibers biocomposites by Reactor/elongational flow MiXer: Evaluation of morphological, mechanical, and microstructural performances. *Polym. Compos.* 39: E519–E530.
- [19] Réquillé M., González Alvarez DO., Delanaud S., Rhazi L., Bach V., Depeint F., Khorsi-Cauet H. (2018). Use of a combination of in vitro models to investigate the impact of chlorpyrifos and inulin on the intestinal microbiota and the permeability of the intestinal mucosa. *Environ Science and Pollution Research.* 25: 22529–22540.
- [20] Ribeiro M., Picascia S, Rhazi L., Gianfrani C, Guerreiro A.C.L., Domingues P., Carrillo J.M., Rodriguez-Quijano M., Branlard G, Igrejas G., Nunes F. M. (2018). In situ gluten-chitosan interlocked self-assembled supramolecular architecture reduces T-cell-mediated immune response to gluten in celiac disease. *Mol. Nutr. Food Res.* DOI: 10.1002/mnfr.201800646.
- [21] Sango T., Cheumani Yona A.M., Duchatel L., Marin A., Kor Ndikontar M., Joly N., Lefebvre J.-M. (2018). Step-wise multi-scale deconstruction of banana pseudo-stem (*Musa acuminata*) biomass and morpho-mechanical characterization of extracted long fibres for sustainable applications. *Industrial Crops and Products.* 122: 657–668.

#### PRODUCTION ACL - ANNEE 2019 – Articles publiés

- [1] Acha V., Aussenac T. (2019). Synthesis of Nanolignin Following Ozonation of Lignocellulosic Biomass. *Nanotechnology and Advanced Material Science.* 2: 1-3.
- [2] André L., Zdanevitch I., Pineau C., Lencauchez J., Damiano A., Pauss A., Ribeiro T. (2019). Dry anaerobic co-digestion of roadside grass and cattle manure at a 60 L batch pilot scale. *Bioresour Technol.* 289, 121737.
- [3] Ettreiki C., Chango A., Barbezier N., Coeffier M., Anton P.M., Delayre-Orthez C. (2019). Prevention of Adult Colitis by Oral Ferric Iron in Juvenile Mice Is Associated with the Inhibition of the Tbet Promoter Hypomethylation and Gene Overexpression. *Nutrients.* 11 (8): 1758.
- [4] Guilbaud A., Howsam M., Niquet-Léridon C., Delguste F., Boulanger E., Tessier F.J. (2019). The *LepRdb/db* mice model for studying glycation in the context of diabetes. *Diabetes Metabolism Research and Reviews.* 35, e3103. <https://doi.org/10.1002/dmrr.3103>.
- [5] Hassoun, A., Saharn A., Lakhal L., Aït-Kaddour, A. (2019). Fluorescence spectroscopy as a rapid and non-destructive method for monitoring quality and authenticity of fish and meat products: Impact of different preservation conditions. *LWT.* 103: 279-292.
- [6] Lachica, M., González-Valero, L., Rodríguez-López, J. M., Lara, L., & Fernández-Fígares, I. (2019). Portal drained-viscera heat production and net flux of volatile fatty acids in Iberian pigs fed acorn. *Animal Production Science,* 59(8), 1470-1482.
- [7] Khennache M., Mahieu A., Ragoubi M., Taibi S., Poilâne C., Leblanc N. (2019). Physicochemical and mechanical performances of technical flax fibers and biobased composite material: effects of flax transformation process. *Journal of Renewable Materials.* 7: 821-838.
- [8] Mahieu A., Alix S., Leblanc N. (2019). Properties of particleboards made of agricultural by-products with a classical binder or self-bound. *Industrial Crops & Products.* 130, 371–379.



- [9] Mahroug H., Ribeiro M., [Rhazi L.](#), Bentallah L., Zidoune M. N., Nunes F. M., Igrejas G. (2019). How microwave treatment of gluten affects its toxicity for celiac patients? A study on the effect of microwaves on the structure, conformation, functionality and immunogenicity of gluten. *Food Chemistry*, 124986.
- [10] Ribeiro M., Picascia S., [Rhazi L.](#), Gianfrani C., Carrillo J.M., Rodriguez-Quijano M., Branlard G., Nunes F. M. (2019). Effect of in situ gluten-chitosan interlocked self-assembled supramolecular architecture on rheological properties and functionality of reduced celiac-toxicity wheat flour. *Food Hydrocolloids*. 90: 266-275.
- [11] Samain E., Aussenac T., Selim S. (2019). The Effect of Plant Genotype, Growth Stage, and Mycosphaerella graminicola Strains on the Efficiency and Durability of Wheat-Induced Resistance by Paenibacillus sp. Strain B2. *Frontiers in Plant Science*. DOI: 10.3389/fpls.2019.00587.
- [12] Sango T., Stoclet G., [Joly N.](#), Marin A., Cheumani Yona A.M., Duchatel L., Kor Ndikontarb M., Lefebvre J.-M. (2019). Water-Soluble Extracts from Banana Pseudo-stem as Functional Additives for Polylactic Acid: Thermal and Mechanical Investigations. *European Polymer Journal*. 112: 466-476.
- [13] Zeaiter, A., Besombes, C., [Rhazi, L.](#), Haddarah, A., Hamieh, T., & Allaf, K. (2019). How does instant autovaporization deepen the cold press-extraction process of sunflower vegetal oil? *Journal of Food Engineering*, 263, 70-78.
- [14] Waheed M., Butt M.S., [Shehzad A.](#), Adzahan N. M., Shabir M. A., Suleria H. A. R., Aadil R. M. (2019). Eggshell calcium: A cheap alternative to expensive supplements. *Trends in Food Science & Technology*. 91: 219–230.

#### PRODUCTION ACL - ANNEE 2019 – **Articles in Press / Articles in Review**

- [1] [Aljahdali N.](#), [Gadonna-Widehem P.](#), [Anton P.M.](#), Carbonero F. (2019). Gut Microbiota Modulation by Dietary Barley Malt Melanoidins. *Nutrients*. **In press.**
- [2] [Baskara I.](#), [Anton P.M.](#), [Delayre-Orthez C.](#) (2019). AGEs exogènes, inflammation et allergie. *Médecine des maladies métaboliques*. **In press.**
- [3] [Iurciuc C.](#), [Atanase L.](#), [Ochiuz L.](#), [Jerome Ch.](#), [So V.](#), [Martin P.](#), [Popa M.](#) (2019). Curcumin-loaded polysaccharides-based complex particles obtained by polyelectrolyte complexation and ionic gelation I-Particles obtaining and characterization. *International Journal of Biological Macromolecules*. 6931. **In review.**
- [4] [Jablaoui C.](#), [Besombes C.](#), [Jamoussi B.](#), [Rhazi L.](#), [Velazquez Escobar F.](#), [Aussenac T.](#), [Allaf K.](#) (2019). Comparative Study of Expander and DIC technologies as Thermomechanical Pretreatments in Enhancing Solvent Extraction of Vegetal Oil. *Journal of Food Measurement and Characterization*. **In review.**
- [5] [Powar A.](#), [Perwuelz A.](#), [Behary N.](#), [Hoang L.](#), [Aussenac T.](#) (2019). Application of ozone treatment for the decolorization of the reactive dyed fabrics in a pilot scale process – optimisation through response surface methodology. *Environmental Technology & Innovation*. **In press.**
- [6] [Rhazi L.](#), [Lakhal L.](#), [Andrieux O.](#), [Niamba N.](#), [Depeint F.](#), [Guillemet D.](#) (2019). Relationship between the molecular characteristics of acacia gum and their functional properties. *International journal of biological macromolecules*. **In review.**
- [7] [Vinceslas T.](#), [Lecompte T.](#), [Hamard E.](#), [Hellouin de Ménibus A.](#), [Lenormand H.](#), [Colinart T.](#) Methods to evaluate slip cohesion to build with light earth, *Construction and building materials*. **In press.**
- [8] [Wang L.](#), [Lenormand H.](#), [Zmamou H.](#), [Leblanc N.](#) (2019). Effect of soluble components from plant aggregates on the setting of the lime-based binder. *Journal of Renewable Materials*. **In press.**