



Environnement Energie Agroalimentaire Mer

Rapport d'activités 2012-2013

Directeur : Jack LEGRAND

Septembre 2013



<http://www.gepea.fr/>

Présentation de l'activité 2012-2013

Les objectifs de l'Unité sont de développer, d'une part, les aspects méthodologiques écoulement/transfert/séparation/réaction du Génie des Procédés et, d'autre part, les interfaces du Génie des Procédés avec la Biochimie, la Chimie et la Biologie pour traiter des problématiques liées à l'Agroalimentaire, à l'Energie, à l'Environnement et à la Valorisation des Produits et Substances d'Origine Marine.

Le laboratoire est structuré en 4 axes :

- **Bioprocédés et Séparation en Milieu Marin**
- **Ingénierie de l'Energie**
- **Ingénierie de l'Environnement**
- **Matrices et Aliments : Procédés, Propriétés, Structure, Sensoriel (MAPS²)**

Le laboratoire dispose d'environ 4200 m² (SHON) de locaux recherche, localisés à l'Université de Nantes (CRTT Saint-Nazaire, l'IUT de Nantes, l'IUT de La Roche sur Yon), à l'Ecole des Mines de Nantes et à ONIRIS.

Total personnels laboratoire au 1^{er} janvier 2013 : **206**

Enseignants-chercheurs et chercheurs titulaires: **77 (+1 professeur émérite)**

Personnels techniques titulaires et contractuels CDI : **42**

Enseignants-Chercheurs associés : **2**

E-C invités, Post-Doc et ATER : **9**

Doctorants : **75**

L'UMR participe à différentes fédérations de recherche sur le site Nantais :

- **Participation à l'Institut de Recherche sur les Sciences et Techniques de la Ville (IRSTV - FR CNRS 2488)**, dans le domaine de la stratégie de l'utilisation de l'énergie à l'échelle du territoire avec en perspective la gestion de l'eau.
- **Participation à l'Institut Universitaire Mer et Littoral (IUML), Fédération du CNRS associé à IFREMER, coordonné par P. Jaouen** : 17 laboratoires, 230 personnes (CNRS, Ecole Centrale de Nantes, Université de Nantes), environ 450 personnes avec le personnel d'IFREMER. Les 4 thèmes majeurs sont :
 - *Biodiversité,*
 - *Structure à la mer,*
 - *Conflits d'usage et valorisation,*
 - *Bioressources marines.*
- **Participation à la Structure Fédérative « Ingénierie des biopolymères pour la structuration des matrices et des matériaux » (IBSM)**, avec le laboratoire Biopolymères – Interfaces – Assemblages (BIA) de l'INRA de Nantes, autour de la *maîtrise de la qualité des aliments et des biopolymères.*

Parmi les projets (convention en cours de signature), on a mis en place une Equipe de Recherche Commune avec l'équipe « Génie des Procédés » de l'IFSTTAR Nantes. Les principales thématiques de la collaboration seraient :

- Formulation de liants bitumineux à partir de microalgues (programme régional « Algoroute » en cours).
- Optimisation énergétique des opérations unitaires du Génie Civil (démarrage d'une thèse à la rentrée).
- Analyse de cycle de vie.
- Adhésion, à terme, en focalisant sur l'analogie entre les problèmes d'adhésion des polymères sur les moules et des enrobés de bitume.

L'UMR a organisé 10 manifestations en 2012-2013 :

- Organisation (Y. Andres, V. Hequet, D. Briand) des **Journées Scientifiques SFGP « Polluants émergents : quels défis pour une meilleure gestion de l'eau »**, 1 et 2 février 2012 à Nantes.
- Organisation (D. Poncelet) du **15th Industrial Symposium and 6th Trade Fair on Microencapsulation**, 20-22 mars 2012 à Archamps/Geneva, France.
- Organisation (G. Cogne, M. Titica) d'une **Ecole thématique « Ingénierie des biosystèmes : de la cellule au procédé »** dans le cadre de l'Ecole Doctorale SPIGA et du GDR CNRS 3071 « Ingénierie des biosystèmes : de la cellule au procédé », du 23 au 26 avril 2012 - Saint-Nazaire.
- Organisation (D. Poncelet) du **South-American Symposium on Microencapsulation**, du 30 avril au 2 mai 2012 à Limeira, Brésil.
- Organisation (G. Thouand, M. Pontié) d'une **Journée Scientifique intitulée « Capteurs/Biocapteurs dédiés aux procédés en Environnement et Agroalimentaire »**, le 8 juin 2012, dans le cadre de la Journée Scientifique de l'Université de Nantes, Centre International des Congrès de Nantes, avec le parrainage du Club Microcapteurs Chimiques (CMC2).
- Organisation (L. Le Coq, J. Legrand, D. Briand) du **Séminaire Annuel du Laboratoire International Associé (LIA) Franco-Chinois "Laboratoire pour l'Energie Durable"**, 18-19-20 juin 2012 à Nantes.
- Organisation (D. Poncelet) de la **XX International Conference on Bioencapsulation**, 21-24, septembre 2012 à Orillia, Ontario, Canada.
- Organisation (G. Cogne) d'une Ecole d'Autonomie **"Systems biology issues for microalgal biofuel production"** dans le cadre du **programme Européen Solar H2 et du programme ANR Algomics**, 12 au 15 novembre 2012, Cargèse.
- Organisation (R. Deterre) du Colloque **« Matériaux et Procédés »** dans le cadre du **GFP Ouest et de la SFGP Ouest**, 15 au 17 mai 2013, Nantes.
- Organisation (F. Chazarenc) du **5ème symposium international WETPOL, Wetland Pollutant Dynamics and Control**, 13 octobre au 17 octobre 2013 à la Cité Nantes Events.

Faits marquants

- **Prix des Techniques Innovantes pour l'Environnement 2012**, catégorie **« Déchets »** récompensant des travaux de recherche sur l'« Extraction de chitines par hydrolyse enzymatique acide » en collaboration avec le Laboratoire Science et Technologie de la Biomasse Marine de l'Ifremer à Nantes.
- **Création en 2013 de la zone d'expérimentation Biosolis** destinée aux photobioréacteurs solaires sur les toits du site de Gavy (Saint-Nazaire) de l'Université de Nantes (financement par le Contrat d'Objectifs Partagés CARENE-Université de Nantes). Cette zone de 200m² inaugurée en septembre 2013 permet de réaliser les premières expérimentations en conditions extérieures.
- **Réalisation à partir d'octobre 2013 de la plateforme R&D Defi-µAlg pour la production industrielle de microalgues** (projet de 2.5M€ porté par l'Université de Nantes, avec un cofinancement FEDER et collectivités régionales). Ce projet, initié par le GEPEA il y a 4 ans, se construira sur la période 2013-2014. Il permettra la mise en place d'une infrastructure dédiée au changement d'échelle et aux expérimentations en conditions solaires extérieures (2600m² de surface environ).
- **Plateforme PREVER : La plateforme (700 m2) pour la recherche et l'étude pour la valorisation énergétique des résidus (PREVER)** a été terminée cette année et

commence à accueillir les équipements nécessaires au développement de solutions de valorisation de déchets (liquides gras, plastiques, bois) par des procédés de gazéification, de pyrolyse ou de solvololyse, pour alimenter localement des installations fixes.

- Inauguration en **juin 2013** du **simulateur de mastication – bouche artificielle** (axe MAPS2).

Le rapport 2012-2013 est présenté axe par axe en se focalisant, pour chacun d'entre eux, sur les faits marquants de 2012-2013 et sur un sujet particulier, dont l'UMR souhaiterait un avis du conseil scientifique. Le rapport est aussi l'occasion de faire un bilan des publications axe par axe.

Axe « BIOPROCÉDÉS ET SEPARATIONS EN MILIEU MARIN »

Responsable : Jérémy PRUVOST

Co-responsables : Patrick BOURSEAU et Gérald THOUAND

Chercheurs et enseignants-chercheurs permanents

Walid BLEL	MCF, Université de Nantes (intég sep. 2012)
Patrick BOURSEAU	Professeur, Univ. Bretagne Sud (intég jan. 2008)
Guillaume COGNE	MCF, Université de Nantes
Solène CONNAN	MCF, CNAM Cherbourg (intégration jan. 2012)
Estelle COUALLIER	Chargée de Recherche, CNRS (arrivée au 01/10/2013)
Catherine DUPRÉ	MCF, CNAM Cherbourg (intégration jan. 2008)
Marie-José DURAND	MCF, Université de Nantes
Alain FOUCAULT	Chercheur Emérite, HdR, CNRS
Matthieu FRAPPART	MCF Univ Nantes, Intégration au 1 ^{er} sept 2009
Emilie GADOIN	MCF Université de Nantes, intégration au 01/01/2010
Caroline GENTRIC	Professeur Univ Nantes, arrivée le 1 ^{er} sept 2009
Olivier GONCALVES	MCF Univ Nantes, mutation au 1 ^{er} sept 2010
Dominique GRIZEAU	MCF, Université de Nantes (intégration jan. 2008)
Pascal JAOUEN	Professeur, Université de Nantes
Jack LEGRAND	Professeur, Université de Nantes
Luc MARCHAL	MCF, HdR, Université de Nantes
Anthony MASSÉ	MCF, Université de Nantes
Maxime PONTIÉ	Professeur, Université d'Angers, (arrivée jan. 2009)
Jérémy PRUVOST	Professeur, Université de Nantes
Nour-Eddine SABIRI	MCF, Univ. Nantes (intégration sept. 2008)
El-Khider SI-AHMED	Professeur associé, USTHB Alger
Gérald THOUAND	Professeur, Université de Nantes
Mariana TITICA	MCF, Université de Nantes
Laurent VANDANJON	MCF, Université de Bretagne Sud (intégration jan. 2008)

Personnel technique

Emmanuel DECHANDOL	Assistant Ingénieur, UN, 50%
Delphine KUCMA	Ingénieur d'Etudes, CNRS, 100%
Hélène MAREC	Technicienne, UN, 100%
Benjamin Le Gouic	Ingénieur de recherche, UN, 100%
Guillaume ROELENS	Assistant Ingénieur, UN, 100%

Personnels techniques non permanents

Candice PERRIER	Technicienne contractuelle, 100%
Raphaëlle TOUCHARD	Technicienne contractuelle, 100%

Doctorants

Emilie Angles « Extraction de la fraction lipidique de microalgues en voie humide », début 01/09/2012. Financement : ANR (Programme Diesalg, 2012-2015). Directeur de thèse : P Jaouen, Co-directeur L. Marchal.

Arnaud Artu « Etude et développement de photobioréacteurs solaires ». Début 1/01/2013. Financement CIFRE AlgoSource Technologies. Directeur de thèse : Jérémy Pruvost (40%) Co-Directeur : Jack Legrand (30%) Co-encadrant : Mariana Titica (30%).

Gino Baudry « Economie de la transition énergétique – analyse économique des biocarburants de 3^{ème} génération ». Début 1/10/2013. Financement : Contrat doctoral. Directeur de thèse : Thomas Vallée (60%) Co-encadrant : Jack Legrand (40%).

François Brillet « Stratégie d'évaluation de la biodégradation de substances chimiques en mélanges complexe », début 01/10/2011. Financement : Région et Ville de La Roche sur Yon. Directeur de thèse : G Thouand, Co-encadrante : MJ Durand.

Lan Anh Bui « Etude d'un dispositif de culture associant la production d'azote minéral par fixation de l'azote atmosphérique à la production de biomasse microalgues », début 01/10/2009. Financement : Bourse du gouvernement Vietnamien. Directeur de thèse : J. Legrand, Co-encadrants D. Grizeau et C. Dupré. Soutenance prévue le 4 novembre 2013.

Sébastien Chollet « Rationalisation des critères de dimensionnement en Chromatographie de Partage Centrifuge », début 20/09/2010. Financement : CIFRE (ANRT – Rousselet Centrifugation SA). Directeur de thèse : A. Foucault, Co-encadrant L. Marchal. Soutenance prévue le 23 octobre 2013.

Clement Dousset « Etude et optimisation de la production de lipides en photobioréacteur par double limitation substrat azoté-lumière ». Allocation Ministère. Début 1/10/2012. Directeur: Jérémy Pruvost (40%) Co-encadrants : Mariana Titica (30%), Guillaume Cogne (30%).

George Dumitrascu, « Stratégie de commande de deux photobioréacteurs couplés pour la croissance et la production d'H₂ par microalgues, début 15/10/2011. Co-tutelle internationale de thèse ONIRIS – Université « Dunarea de Jos », Galati, Roumanie, Directeurs : Lionel Boillereaux, Sergiu Caraman, Co-encadrant : Mariana Titica.

Razmig Kandillian « Etude du transfert de rayonnement en photobioréacteur en régime transitoire et sous haute concentration cellulaire ». Début 1/12/2012. Bourse Chateaubriand en collaboration avec UCLA - University of California Los Angeles. Directeur : Jeremy Pruvost (100%) (Dir.Laurent Pilon pour UCLA).

Alexis Kotland « Intensification de réactions et purifications par procédés centrifuges liquide-liquide », début 01/10/2012. Financement : ANR (Programme xPC, 2012-2016). Directeur de thèse : JH Renault, Co-directeur L. Marchal.

Camille Lemasson « Etude et optimisation de la production autotrophe d'hydrogène en photobioréacteur par la microalgue *Chlamydomonas reinhardtii* », début 01/10/2011. Financement : ANR AlgoH₂. Directeur: Jérémy Pruvost (40%), Co-encadrants : Mariana Titica (30%), Guillaume Cogne (30%).

Valéria Montalescot « Extraction de lipides neutres et de pigments de microalgues par un procédé intégrant destruction cellulaire et filtration membranaire », début 01/10/12.

Financement : Allocation du ministère. Directeurs de thèse : P. Bourseau et P. Jaouen, Co-encadrant : M. Frappart.

Benjamin Moutel « Optimisation de la production d'hydrocarbures par la microalgue *Botryococcus braunii* pour l'application aux bioaérocarburants », début 01/2011. Financement : Bourse CIFRE EADS-AIRBUS. Directeur : Jérémy Pruvost (40%), Co-encadrants : Olivier Goncalves (30%), Dominique Grizeau (30%).

Mbalo Ndiaye « Transfert de CO₂ et stratégies d'apport du carbone inorganique en photobioréacteurs », début 12/2012. Financement : Bourse CNRS-Région Pays de la Loire. Directeur : Caroline Gentric, Co-encadrante : Emilie Gadoin.

Myriam Phélippe « Étude par une approche systémique du métabolisme énergétique de la cyanobactérie *Arthrospira platensis* cultivée de condition de carence nutritive ». Début 1/10/2013. Directeur: Gérald Thouand (40%) Co-encadrants : Olivier Gonçalves (30%), Guillaume Cogne (30%).

Thi Dong Phuong Nguyen « Récolte de biomasse microalgale par floculation naturelle et procédés membranaires », début 01/01/11. Financement : Bourse du gouvernement Vietnamien. Directeur de thèse : P. Bourseau, Co-encadrant : M. Frappart.

Séverine Plantier « Procédé de prétraitement d'eau de mer avant osmose inverse en présence de phytoplancton », début 10/2010. Financement: Allocation du ministère. Directeur : Maxime Pontié (40%), Co-encadrants : Nour-eddine Sabiri (30%), Anthony Massé (30%). Soutenance prévue le 23 octobre.

Alexandre Raguene « Recyclage de CO₂ issu de fumées industrielles pour la production contrôlée de microalgues », début 10/2010. Financement : Bourse CIFRE AlgoSource Technologies. Directeur : Patrick Legentilhomme (50%), Co-directeur : Caroline Gentric (50%).

Antoine Souliès « Photobioréacteurs à haute productivité volumique: étude et optimisation du fonctionnement transitoire généré par un usage solaire », début 10/2010. Financement : Bourse Région. Directeur: Jérémy Pruvost (50%), Co-encadrante : Cathy Castelain (50%).

Cyril Sweetlove (Salarié L'Oréal), Optimisation et compréhension des phénomènes de biodégradation de molécules organiques en mélange, Début 01/10/2012, Financement : L'Oréal, Directeur de thèse : G Thouand, CO-encadrant : Jacques L'Haridon.

Aumaya Taleb « Production de biodiesel à partir des microalgues : recherche de souches accumulatrice de lipides et optimisation des conditions de culture en photobioréacteurs », début : 01/10/2011. Financement : Bourse AUF en cotutelle avec l'Université du Liban). Directeurs: Jérémy Pruvost (40%), Samir Taha (40%) Co-encadrant : Hosni Takache (20%).

Ngoc Thanh Tam Huynh « Analyse des dynamiques de population dans des co-cultures bactéries probiotiques/microalgues en conditions photoautotrophiques ». Début 01/10/2009. Financement : Bourse du gouvernement Vietnamien. Directeur de thèse : J. Legrand, Co-encadrant D. Grizeau et C. Dupré.

Brieuc Urbain « Development of a biochemically based structured model for algal growth in a photobioreactor ». Début 01/09/2013. Financement Europe (programme AccliPhot). Directeur de thèse : Jack Legrand (40%) Co-encadrant : Guillaume Cogne (60%).

Gérard Van-Vooren « Influence des conditions de culture sur les profils lipidiques de microalgues et exploitation énergétique », début 01/10/2007. Financement : retraite.

Directeur : Jérémy Pruvost. Co-directeur de thèse : Jack Legrand, Co-encadrant : Guillaume Cogne.

Nguyen Vu Tran « Optimisation de la production d'acide docosahexaénoïque (DHA) par culture d'une microalgue marine en photo-hétérotrophie », début 01/10/2009. Financement : Bourse du gouvernement Vietnamien. Directeur de thèse : J. Legrand, Co-encadrant D. Grizeau et C. Dupré.

Problématique scientifique

*L'objectif de cet axe est l'étude des procédés permettant la **valorisation des microorganismes photosynthétiques (microalgues) et autres ressources marines (co-produits de la pêche, macroalgues)**. Le **prétraitement d'eau de mer, la dépollution et le recyclage des eaux** sont également abordés dans cette thématique. Les problématiques scientifiques concernent, d'une part l'influence des contraintes hydrodynamiques, des transferts (lumière, matière) et du mélange sur les performances des procédés et d'autre part, la modélisation des procédés en vue de leur dimensionnement et leur contrôle.*

- *Le premier aspect développé concerne **l'ingénierie des (photo)bioréacteurs** dédiés à la culture de la biomasse ou à la production de métabolites secondaires, comme l'hydrogène, les lipides et les pigments par exemple. La problématique intègre aussi le forçage physiologique des microorganismes (physiologie des microalgues, compréhension et optimisation par mise en place de modèles cellulaires, mise en œuvre en photobioréacteurs contrôlés).*
- *Le deuxième aspect est lié aux **procédés de séparation utilisés soit en récolte et bioraffinage de la biomasse** (extraction de métabolites, fractionnement) **soit pour la maîtrise de la qualité des eaux** (aquaculture, eau de mer, eaux saumâtres, saumûres, eaux grises à bord) réalisée ici par **procédés membranaires**. Dans le cas de l'extraction-fractionnement, **la chromatographie de partage centrifuge** fait l'objet d'un développement particulier au laboratoire.*
- *Le troisième volet (depuis janvier 2008) concerne les biosystèmes appliqués à la détection de polluants chimiques et biologiques par des **biocapteurs**, à l'évaluation de la **biodégradation** de substances dans une problématique environnementale dans le cadre de la réglementation REACH et une extension vers les mesures non invasive sur le matériel vivant.*

1) Thème 1 : « Ingénierie des photobioréacteurs »

Dans le domaine du Génie des Procédés, de nature pourtant pluridisciplinaire, les bioprocédés apparaissent souvent comme une thématique à part. Ceci s'explique en partie par le milieu biologique lui-même, qui est loin d'être assimilable à un milieu réactionnel conventionnel. Maîtriser et valoriser une bioréaction impliquent un chevauchement important entre les notions fondamentales du Génie des Procédés, telles que la conduite des réacteurs, les phénomènes de mélange et de transferts (de masse, de chaleur), et les disciplines issues des sciences du vivant, comme la microbiologie, l'écophysiologie, voire le génie métabolique. Le laboratoire GEPEA a mis en place une stratégie d'approche de cette problématique volontairement intégrative, en abordant ces différents aspects pour un type particulier de bioprocédés, les photobioréacteurs destinés à la culture de microorganismes à croissance photosynthétique oxygénique, à savoir les microalgues et les cyanobactéries.

1-1 : Thématiques scientifiques (avec approche transversale)

- Physiologie des microorganismes photosynthétiques : l'un des avantages des microorganismes photosynthétiques est leur plasticité métabolique. L'objectif est ici d'étudier le métabolisme photosynthétique en conditions contrôlées afin d'optimiser les conditions de production, rechercher des molécules d'intérêts, mieux comprendre les réponses des microorganismes aux conditions de culture. Cela passe notamment par des développements analytiques spécifiques (IR, GC-MS...). L'objectif est également d'étudier les problématiques propres au passage à l'échelle industrielle : formulation de milieux de culture industriels, traçabilité des souches, dérive, maîtrise de l'environnement microbiologique, suivi par technologies non invasives (Raman, IR)
- Modélisation du métabolisme des microorganismes photosynthétiques : L'optimisation d'applications et la recherche de conditions adéquates nécessitent de réduire l'échelle de compréhension à la cellule. L'analyse des flux métaboliques répondant à cette attente est actuellement développée. A terme, après réduction des modèles, ce type d'outil peut amener à la formulation de lois de commandes originales pour le forçage physiologique.
- Modélisation des photobioréacteurs : cette thématique associe expérimentations en conditions contrôlées et démarche fondamentale de modélisation. Elle aborde le comportement non-linéaire et multiparamétrique des photobioréacteurs. Les efforts portent sur la compréhension de la réponse des cellules à leur environnement et sur les outils de dimensionnement, de stratégies avancées de contrôle et de capteurs logiciels.
- Intensification de photobioréacteurs : l'objectif est ici d'atteindre, et de comprendre, les cultures sous haute concentration cellulaire ($>10\text{g.L}^{-1}$ contre environ 1g.L^{-1} en standard). Cela mène à des conditions extrêmes loin des conditions naturelles de croissance (cultures de très faibles épaisseurs, sous éclairage intense), avec un couplage important entre les cellules et leur environnement, nécessitant l'intégration réussie d'un ensemble de paramètres (couplage hydrodynamique-conversion photosynthétique en particulier).
- Développement et conception de nouvelles géométries de photobioréacteurs : cette thématique résulte du fait (1) qu'il n'existe pas de géométries standards pour ce type de bioprocédés, (2) que le système à mettre en place est en étroite relation avec l'application visée et (3) que les choix de conception des photobioréacteurs influencent fortement leurs performances. Des géométries spécifiques sont donc développées et étudiées : airlifts (annulaires ou non) à écoulement tourbillonnaire, photobioréacteurs solaires.

1-2 : Développement d'applications spécifiques

- Production solaire de biomasse microalgale
- Production de bioénergies (lipides pour biodiesel et aérocarburants, biohydrogène, biopiles) : définition, modélisation et optimisation de protocoles de production. Développement de technologies de production solaire de masse intensifiées et contrôlées. Couplage aval avec la récolte-extraction,
- Production de pigments (béta-carotène, B-phycoérythrine) : couplage entre photobioréacteur avec forçage physiologique et extraction-purification de la molécule cible.

2) Thème 2 « Séparations par procédés à membrane et chromatographiques »

Cette activité concerne principalement les opérations à membranes et la CPC (Chromatographie de Partage Centrifuge, également développée en tant qu'Extracteur). Les chercheurs impliqués dans cette thématique participent régulièrement à différents programmes de recherche et de transfert de technologie aux niveaux régional, national et international (Tunisie, Islande, Sénégal, Danemark ...).

Cette activité donne lieu à des collaborations (études et contrats) régulières avec le secteur industriel et Ifremer, plusieurs actions sont labellisées par des pôles de compétitivité.

Elle est, en outre, depuis plusieurs années au cœur de l'animation et du pilotage de la fédération de recherche « Institut Universitaire de la Mer et du Littoral » (FED CNRS) qui regroupe des équipes de l'Université de Nantes et de l'IFREMER.

2-1 : Problématiques scientifiques et développements méthodologiques

- Analyse et compréhension des phénomènes limitants (physiques, physico-chimiques et/ou biologiques) lors de la séparation de mélanges complexes.
- Etude et optimisation de l'influence de l'hydrodynamique dans les modules de séparation (membranes planes, tubulaires ou immergées, CPC), cartographie des dépôts.
- Etude du couplage Extraction-Prétraitement de la biomasse (conservation, destruction cellulaire)
- Méthodologies de changement d'échelle et d'évaluation technico-économique de procédés intégrés ou couplés.

2-2 : Secteurs applicatifs et exemples d'études

● Photobiotechnologie, microalgues / macroalgues

- Récolte et transport de microorganismes photosynthétiques,
- Recyclage de milieux de culture de microalgues
- Purification-fractionnement par membranes ou CPC de métabolites algaux d'intérêt (pigments, lipides, peptides) avec ou sans destruction cellulaire préalable (extraction biocompatible ou pas)
- Couplage photobioréacteur / membranes ou photobioréacteur / CPC

● Aquaculture

- Protection de bassins conchylicoles lors d'efflorescences d'algues toxiques,
- Recyclage de l'eau en circuits semi-fermés d'aquaculture,
- Développements de procédés rustiques, minimisation des besoins énergétiques.

● Transformation des produits de la mer et de leurs co-produits

- Valorisation des co-produits de la pêche et des eaux de procédé (lavage, cuisson ...),
- Récupération / raffinage de molécules marines: EPS, protéines, peptides, lipides, arômes,
- Réacteurs enzymatiques à membranes.

● Eau de mer, eaux naturelles salées, saumûres

- Séparation des constituants particuliers et dissous, dessalement sélectif,
- Etude du pouvoir colmatant de l'eau de mer, « biofouling », indices de colmatage, autopsies
- Stratégies de réduction des coûts opératoires en osmose inverse (pré / post-traitements).

● Bateaux et navires

- Traitement et recyclage des eaux grises à bord,
- Techniques séparatives appliquées au traitement des eaux de ballast.

3) Thème 3 « Biosystèmes appliqués à la détection, l'impact de polluants ou de molécules d'intérêt »

L'activité est localisée sur le site universitaire de la Courtaisière (IUT de la Roche sur Yon). Ces recherches sont transversales et associent des équipes de différentes universités mais aussi à l'intérieur de l'axe BSMM et avec l'axe Ingénierie de l'Environnement

Cette activité donne lieu à de nombreuses collaborations (en particulier industrielles) concernant la détection de pathogènes, la mesure de pollutions (micro-sonde à oxygène, collaboration avec le LAAS de Toulouse), la mesure de virus hydrique et de bactérie pathogène par micro-Raman (projet OSEO ISI AGRIFOOD, en association avec différentes sociétés dont Eurofins) A noter aussi que la compétence acquise sur les systèmes Raman a permis un rapprochement avec le thème Ingénierie des Photobioréacteurs, par l'utilisation de système micro-Raman pour le suivi en ligne de l'accumulation de lipides dans des cultures de microalgues.

3-1 : Problématiques scientifiques et développements méthodologiques

- **Modification génétique de microorganismes** de telle sorte qu'ils produisent de la lumière en présence du polluant (métaux, bactéries,...) mais également des produits d'intérêt (par exemple des acides aminés essentiels, ...): recherche amont en génomique et protéomique pour l'induction de gènes adéquats ;
- **Développement de biocapteurs microbiens** capables de détecter rapidement et simplement des polluants : étude de l'impact des phénomènes de transferts, de l'hydrodynamique sur la stabilité du signal de bioluminescence pendant les périodes de mesure.
- **Développement de nouveaux concepts de détection de bactéries** par spectroscopie Raman
- L'Application de la spectroscopie Raman à la **caractérisation du matériel biologique** (mise en place d'une plateforme)
- **Evaluation de la biodégradation-écotoxicologie** : dans le cadre de collaborations nationales et internationales (*European Chemical Industry Council*) les recherches visent à proposer une nouvelle stratégie d'évaluation de la biodégradation et un nouveau concept technologique permettant la mesure fréquente et simple de la biodégradation via l'utilisation de micro-réacteurs jetables (partenariat avec L'Oréal).

3-2 : Exemples de développement d'applications spécifiques :

- Développements de bactéries bioluminescentes pour la détection d'organoétains, de la plupart des métaux lourds, d'atrazine.
- Détection rapide de bactéries pathogènes par bactériophages bioluminogènes et spectrométrie Raman
- Détection de la fraude aux peintures antifouling sur les coques de bateaux
- Détection rapide de métaux dans les aliments et les mollusques (moule, huîtres)
- Suivi de la production de lipides en photobioréacteurs

Perspectives de l'AXE BSMM

- Poursuite des travaux d'intensification sur les opérations unitaires de production, extraction, séparation, concentration dédiés aux bioressources marines (i) pour une meilleure efficacité (ex : productivité améliorée des photobioréacteurs en métabolite cible, meilleure sélectivité du fractionnement par couplage de systèmes membranaires et extractifs), (ii) en vue de l'extrapolation, du dimensionnement et de l'évaluation économique des procédés (modélisation et conception de systèmes extrapolés), (iii) pour

étendre les applications actuelles de chaque procédé (ex : extension de la CPC comme système d'extraction biocompatible sur biomasse humide).

- Poursuivre les rapprochements scientifiques entre les activités de l'axe : couplage production de biomasse et extraction (développement des concepts de bioraffinerie, mise en place de procédés dédiés aux microalgues – biomasse humide et cellules microscopiques), développement analytique dédié aux cultures de microalgues (analyses biochimiques, suivi de milieux), développements analytiques spécifiques (ex : méthode de suivi en ligne de l'état physiologique et de l'accumulation de lipides dans des cultures de microalgues par spectroscopie Raman, mesure de la qualité des rejets des photobioréacteurs en termes d'écotoxicité afin d'en évaluer l'impact sur l'environnement...).
- Réalisation de la plateforme R&D DeFi- μ Alg sur la production-exploitation industrielle de microalgues (voir description ci-dessous). Mise en place d'un programme R&D adossé à la plateforme DeFi- μ Alg sur la thématique « biocarburants de 3^{ème} génération » (partenariat académique-industriel, rapprochement avec le CEA).
- Développement des thématiques propres à la production solaire de biomasse microalgale à grande échelle : développement technologique et photobioréacteurs intensifiés, mise en oeuvre solaire grâce notamment à la zone expérimentale « Biosolis » inaugurée en septembre 2013 sur le toit du site de Gavy, développement d'outils théoriques dédiés de modélisation, industrialisation).
- Passage à l'échelle industrielle de procédés à fort potentiel développés au sein de l'axe (et valorisation du portefeuille de brevets) : (i) photobioréacteurs à haute productivité volumique (technologies solaires et en lumière artificielle), (ii) chromatographie de partage centrifuge (utilisation en tant qu'extracteur de composés intracellulaires de microalgues biocompatible ou pas, conception d'appareils préparatifs en partenariat avec l'industrie), (iii) biocapteurs.
- Conception de photobioréacteurs intégrés au bâtiment : programme FUI Symbio-2 destiné au développement de photobioréacteurs en symbiose industrielle et/ou urbaine pour la production optimisée de biomasse algale en photobioréacteurs intégrés au bâtiment (utilisation en particulier de la Symbio2-Box mise en place sur la zone expérimentale Biosolis).
- Développer sur le site de la Roche sur Yon un écosystème propice au développement d'une économie de la métrologie (plateforme, institut de technologie, laboratoire commun publique-privé).

Axe BSMM : Faits marquants de la période 2012-2013

- **Mise en place du département d'Ecole Polytechnique de l'Université de Nantes « Génie de Procédés / Bioprocédés »** (ouverture de la 1^{ère} année en 2012): transformation progressive de la filière actuelle Licence-Master « Génie des Procédés » en département d'Ecole d'Ingénieurs. Projet de transformation du Master 2 « Bioprocédés et biotechnologies marines » (resp. P. Jaouen) en Master International (resp. Dominique Grizeau).
- **Création en 2013 de la zone d'expérimentation Biosolis** destinée aux photobioréacteurs solaires sur les toits du site de Gavy (Saint-Nazaire) de l'Université de Nantes (financement par le Contrat d'Objectifs Partagés CARENE-Université de Nantes). Cette zone de 200m² inaugurée en septembre 2013 permet de réaliser les premières expérimentations en conditions extérieures (validation-extrapolation des photobioréacteurs intensifiées AlgoFilm – 2 brevets CNRS ; Photobioréacteurs de façade de bâtiment (projet FUI Symbio2 avec X-TU, Séché, Algosource Technologies).
- **Réalisation du démonstrateur R&D Defi- μ Alg pour la production industrielle de microalgues** (projet de 2.5M€ porté par l'Université de Nantes, avec un cofinancement

FEDER et collectivités régionales). Ce projet, initié par le GEPEA il y a 4 ans, se construira sur la période 2013-2014. Il permettra la mise en place d'une infrastructure dédiée au changement d'échelle et aux expérimentations en conditions solaires extérieures (2600m² de surface environ).

- **Mise en place de nouvelles collaborations internationales** : UCLA (University of California Los Angeles, USA, Accueil de L.Pilon en Chaire Régionale Jeune Chercheur sur 2013-2014, Production de biocarburants par microalgues) ; Université Libanaise (Centre AZM de Tripoli, spécialisé en Biotechnologies - échanges d'étudiants de Master, thèses en co-tutelle, dispense de cours en Photobiotechnologie) ; Nanyang Technological University (Singapour).
- **Mise en place de nouvelles collaborations industrielles** : de nombreuses collaborations portant sur la valorisation des microalgues ont été lancées ces deux dernières années (SECHE-XTU pour les photobioréacteurs de façade, EADS-AIRBUS: « biocarburant » - Rousselet Robatel : CPC – Italcementi Group : fixation de CO₂ - Algosource Technologies : start-up du laboratoire, exploitation et valorisation industrielle des microalgues - Eurofins, pour la partie biocapteur), TRONICO (électronique appliquée aux capteurs-biocapteurs), Origalys (capteurs électrochimiques)
- **Recrutements** : Estelle Couallier (Chargée de Recherche CNRS, bioraffinage de microalgues par techniques membranaires).

Programmes de recherche en cours

Programmes Européens :

- FP7-ITN ACCLIPHOT "Environmental Acclimation of Photosynthesis" (2012-2016, coordinateur O. EBENHOEH)

Programmes nationaux

- Programme FUI « SYMBIO2 » : Système innovant, intégré et hybride, de production de microalgues à visée alimentaire, par symbiose avec des bâtiments industriels et/ou urbains (début en 2013, coordination SECHE)

Agence Nationale de la Recherche

- Programme ANR-EMERGENCE « PRIAM » : Conception d'un photobioréacteur à éclairage interne (2013, 2015, coordination GEPEA, J.PRUVOST)
- Programme ANR- BioMatériaux et Energies « DiesAlg » : Production de biodiesel par microalgues (2012-2015, coordination GEPEA J.PRUVOST)
- Programme ANR X-PC: Intensification de réactions et purifications par procédés centrifuge liquide-liquide (2012-2016, coordination GEPEA L.MARCHAL)
- Programme ANR- Bioguard « « Biocapteurs microbiens (2011-2014)
- Programme OSEO-ISI « Détection de bactéries par spectroscopie Raman » (2012-2017)
- Programme ANR- Bioénergies « AlgoH₂ » : Optimisations génétiques, métaboliques, et procédé de la photobioproduction d'hydrogène par la microalgue verte *Chlamydomonas reinhardtii* (2011-2015, coordination GEPEA G.COGNE)
- Programme ANR non thématique « AlgoRaffinerie » : Système intégré de raffinerie de microalgues (2011-2014)
- Programme ANR Bioénergies « ALGOMICS » : Etudes globales de la conversion et du stockage de l'énergie chez les microalgues (2009-2013)

Autres

- Programme de recherche PEPS 2 CNRS: Optimisation des transferts radiatifs pour le développement de photobioréacteurs à haute productivité volumique (2012-2013, coordination LTN, B.ROUSSEAU)
- Programme de recherche ENERGIE-CNRS « LipAlg » : Production de lipides par microalgues : diversité et influence des conditions de culture (2009-2012, coordination GEPEA J.PRUVOST)

Programmes régionaux

- Programme PERLE 2 « Pole Emergent de Recherche Ligérienne sur l'Energie » 2010-2013
- Programme COSELMAR « Compréhension des Socio-Ecosystèmes Littoraux et Marins, pour l'Amélioration et la Valorisation des Ressources Marines, la Prévention et la Gestion des Risques » 2012-2015
- Programme Matière, MATériaux et Interfaces pour l'Environnement et l'exploitation des RESsources biologiques (2013-2017)
- Programme LUMOMAT, Matériaux pour l'électronique et la photonique organique (2013-2017)

Zoom sur :

Capteurs et biocapteurs optiques appliqués aux enjeux environnementaux et agroalimentaires

Par **Gérald Thouand, Axe BSMM - Capteurs Biologiques pour l'Analyse et le Contrôle (CBAC)**

Le contrôle et l'analyse sont intégrés à la chaîne de production et de surveillance dans les domaines de l'environnement, de l'agroalimentaire, de la santé et de la défense. A ce titre, les capteurs (chimiques, physiques) développés depuis des dizaines d'années sont maintenant acceptés et largement utilisés dans tous les domaines de notre vie courante (automobile, domotique,...). La miniaturisation et l'autonomie deviennent des enjeux essentiels. Depuis bientôt 30 ans, le domaine des capteurs a donné naissance à une nouvelle science : les biocapteurs qui associent un élément biologique (enzyme, bactérie, acide nucléiques, protéines) à un capteur (physique, chimique). Cette nouvelle activité demande une transversalité importante en associant biologistes, chimistes, physiciens, informaticiens.

1. Un court état de l'art : utilisation des microorganismes pour l'analyse (extrait de la « special issue, Thouand G, 2011, Microorganisms for analysis, Analytical Bioanalytical Chemistry, 400, 893-894)

C'est certainement dans le domaine de la santé que les microorganismes (principalement les bactéries) ont été utilisés afin d'évaluer l'effet des agents chimiothérapeutiques découverts initialement par Paul Ehrlich dès 1904. L'antibiogramme a été le premier bio-essai développé dans les années 1940-45 pour déterminer l'activité des antibiotiques nouvellement découverts vis à vis de bactéries tests qui seraient aujourd'hui appelées «bioéléments sensibles».

Après avoir réalisés de grandes avancées scientifiques et médicales, les scientifiques se sont souciés à partir des années 1960 des effets des substances chimiques sur l'Environnement, capables de modifier les grands cycles géochimiques. L'écotoxicologie développa alors un nombre important de tests utilisant différents bioéléments microbiens représentatifs pour évaluer l'impact de polluants chimiques sur leur activité et d'en déduire une possible atteinte sur les écosystèmes microbiens.

L'analyse moderne utilisant des microorganismes est intimement liée à la technologie des capteurs. Avec l'avènement dès les années 60 du capteur à oxygène, le japonais Isao Karube emboitant le pas à Clark et Lyons en 1962 suite à leurs travaux sur un biocapteur enzymatique, réussit en 1977 à immobiliser des bactéries sur un capteur à oxygène pour la mesure de la demande biologique en oxygène, préfigurant toutes les générations connues de biocapteurs microbiens. L'idée au premier abord simple mais révolutionnaire est de transformer le signal biologique (ici la consommation d'oxygène par des bactéries suite à la consommation de la matière organique carbonée) en un signal électrique au moyen du capteur à oxygène. Ce signal étant pour l'époque beaucoup plus facile à mesurer que de doser la matière organique carbonée elle même.

L'année 1982 est un tournant en ce qui concerne les biocapteurs microbiens. En effet, deux équipes menées l'une par Baldwin, l'autre par Engebrecht publièrent simultanément des travaux sur le clonage de gènes de bioluminescence de *Vibrio harveyi* et *Allivibrio fischeri* dans la bactérie *Escherichia coli*. Cette dernière devenant à son tour bioluminescente. Cette prouesse scientifique, courante de nos jours, permis dès les années 1990 le développement de bactéries émettant de la lumière en présence d'une cible particulière (métaux, substances chimiques organiques et organométalliques). L'avantage étant de mesurer une concentration de polluant dite biodisponible (celle en contact avec le microorganisme) à l'inverse de l'analyse

chimique qui mesure une concentration totale. Analyses chimiques et biologiques sont donc complémentaires.

2. **Activité développée :** le laboratoire s'est spécialisé dans la conception de biocapteurs microbiens appliqués à la détection de substances chimiques et de bactéries appliqués aux procédés qui ne peuvent se passer d'une métrologie capable de rendre compte de l'état d'avancement d'une réaction. Le laboratoire a su aussi répondre aux enjeux de l'analyse et de la métrologie liés à la mesure de la disparition par biodégradation de substance organiques. Mais cet aspect ne sera pas traité dans la présentation. Un biocapteur est un dispositif de mesure hybride, associant une partie biologique (microorganismes, protéines, acides nucléiques) à un transducteur (partie physique) dont le rôle est de transformer le signal issu de la partie biologique en constante électrique (Figure BSMM-1).

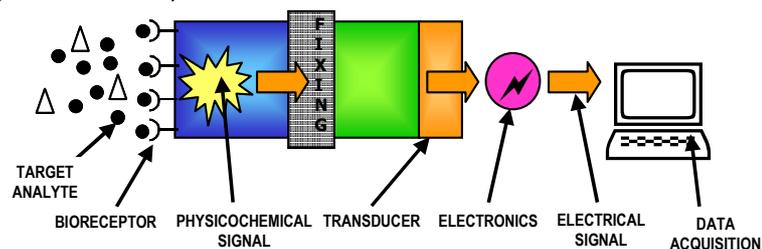


Figure BSMM-1 : Conception d'un biocapteur

Tout au long de nos travaux, c'est bien le microorganisme, sa connaissance, qui sont au cœur de nos préoccupations. Le biocapteur ainsi développé essaie d'être différent d'une boîte noire dans laquelle sont associées des briques élémentaires. Plusieurs bactéries capables de détecter des organoétains, des métaux lourds ont été développées et associées à des systèmes automatiques de mesure. L'analyse des données se faisant par application de méthodes de type arbre de décision, améliorant la spécificité de la mesure.

La démarche a cependant plusieurs limites importantes

- rendre compte de la physiologie de la bactérie dans son environnement de mesure au moyen de méthodes de caractérisation les plus exhaustives possibles.
- désigner des bactéries capables de mesurer beaucoup plus de substances que ceux actuellement mesurés en prévision de futurs besoins.

La détection de microorganismes appliqués à l'agroalimentaire reste un enjeu toujours liés à la capacité de détecter rapidement le pathogène dans la chaîne de production et de distribution des aliments. Depuis plusieurs années, nous avons adopté la spectroscopie Raman pour répondre à la problématique. La spectroscopie de diffusion Raman, à l'instar de l'absorption infrarouge, est une technique permettant l'observation des états vibrationnels (également rotationnels dans certains cas) d'une molécule. Elle assure la caractérisation de la composition moléculaire d'un échantillon par l'identification des groupements chimiques qui le constitue. La diffusion Raman permet donc de générer le spectre d'une bactérie qui est identifiée par la comparaison avec une banque de spectres connus.

Cette technique non invasive issue de la physique des matériaux au potentiel très large, est un parfait exemple de la nécessité de fonctionner à l'interface de plusieurs disciplines (biologie, physique, chimie) afin de parvenir à la maîtriser. Au-delà de l'application agroalimentaire, la technologie est appliquée dans notre équipe à l'identification de microalgues, à la mesure de leur état physiologique mais aussi à l'application aux photobioréacteurs pour le suivi de la production de lipides.

Production scientifique
Axe Bioprocédés et Séparations en Milieu Marin
Période de référence : 2012-2013

ACL : Articles dans des revues internationales ou nationales avec comité de lecture répertoriées

2012

1. M. Hamzaoui, J. Hubert, R. Reynaud, L. Marchal, A. Foucault, JH. Renault, « Strong Ion eXchange in Centrifugal Partition Extraction (SIX-CPE): Effect of partition cell design and dimensions on purification process efficiency », *J Chromatography A*, 1247 (0) p 18-25 (2012).
2. G.Van Vooren, F. Le Grand, J.Legrand, S.Cuine, G.Peltier, J.Pruvost, Investigation of fatty acids accumulation in *Nannochloropsis oculata* for biodiesel application, *Bioresource Technology* 124, 421-432, 2012.
3. A.Martzolff, E.Cahoreau, G.Cognel.Peyriga, J.C.Portais, E.Dechandol, F.Le Grand, S.Massou, O.Gonçalves, J.Pruvost, J.Legrand, Photobioreactor design for isotopic non-stationary ¹³C-metabolic flux analysis (INST ¹³C-MFA) under photoautotrophic conditions, *Biotechnology and Bioengineering*, 109(3), 3030-3040, 2012.
4. Takache H., Cornet J.F., Pruvost J., Kinetic modeling of the photosynthetic growth of *Chlamydomonas reinhardtii* in a photobioreactor, *Biotechnology Progress*, 28(3), 681-92, 2012.
5. Peng-Ubol, T, P Phinyocheep, Ph Daniel, W Panbangred, JF Pilard, G Thouand, MJ Durand, 2012, Plasma-treated polyethylene film: a smart material applied for *Salmonella Typhimurium* detection, *Material Science and Engineering C*, 32(8), 2641-2648, 2012.
6. Pruvost J., Cornet J.F., Goetz V., Legrand J., Theoretical investigation of biomass productivities achievable in solar rectangular photobioreactors for the cyanobacterium *Arthrospira platensis*, *Biotechnology Progress*, 28, 699-714 (2012).
7. Daniel Ph, R Kengne-Momo, F Lagarde, Y Jeyachandran, JP Pilard, MJ Durand and G Thouand, 2012, Protein Interactions Investigated by the Raman Spectroscopy for Biosensor Applications, *International Journal of Spectroscopy*, vol. 2012,7 pages, 2012.
8. Pontié M., Thekkedath A., Kecili K., Dach H., De Nardi F., Castaing J.B., Clay filter-aid in ultrafiltration (UF) of humic acid solution, *Desalination*, 292, 73–86, 2012.
9. Sabiri N., Castaing J.-B., Massé A., Jaouen P., Performance of a sand filter in removal of micro-algae from seawater in aquaculture production systems, *Environmental Technology*, Vol. 33, No. 6, March 2012, 667-676.
10. Sabiri N., Chhabra R.P., Comiti J., Montillet A., Measurement of shear rate on the surface of a cylinder submerged in laminar flow of power-law fluids, *Experimental Thermal and Fluid Science*, 39 (2012) 167-175.
11. Rügen M., Bockmayr A., Legrand J., Cogne G., Network reduction in metabolic pathway analysis: Elucidation of the key pathways involved in the photoautotrophic growth of the green alga *Chlamydomonas reinhardtii*. *Metabolic Engineering*, 14, 458-467 (2012).
12. Déon S., Escoda A., Fievet P., Dutournié P., Bourseau P., How to use a multi-ionic transport model to fully predict rejection of mineral salts by nanofiltration membranes, *Chemical Engineering Journal*, 189–190, 24-31, 2012.

13. Chevereau E., Limousy L., Dutournié P., Bourseau P., Réalisation et modification des propriétés de sélectivité d'une membrane minérale d'ultrafiltration : étude de la rétention de solutions salines, *Revue des Sciences de l'Eau*, 25(1), 21-30, 2012.
14. Hassan R., Loubière K., Legrand J., Delaplace G., A Consistent dimensional analysis of gas-liquid mass transfer in an aerated stirred tank containing purely viscous fluids with shear-thinning properties, *Chemical Engineering Journal*, 184, 42-56 (2012).
15. Guilbaud J., A. Massé, Y. Andrés, F. Combe, P. Jaouen, Influence of operating conditions on direct nanofiltration of greywaters: application to laundry water recycling aboard ships, *Resources, Conservation and Recycling*, 62 (2012) 64– 70.
16. Fleurence J., Morançais M., Dumay J., Decottignies P., Turpin V., Munier M., Garcia-Bueno N., Jaouen P., What are the prospects for using seaweed in human nutrition and for marine animals raised through aquaculture?, *Trends in Food Science and Technology*, 27(1), 57-61, 2012.
17. Hammoudi M., Si-Ahmed E.-K., Legrand J., Dispersed two-phase flow analysis by pulsed ultrasonic velocimetry in SMX static mixer, *Chemical Engineering Journal*, 184, 463-474 (2012).
18. Salhi Y., Si-Ahmed E.-K., Degrez G., Legrand J., Numerical investigations of passive scalar transport in turbulent Taylor-Couette flows: LES vs DNS, *Journal of Fluids Engineering*, 134, April, 041105_1-10 (2012).
19. Sadoun N., Si-Ahmed E.-K., Colinet P., Legrand J., On the boundary immobilisation and variable space grid methods for transient heat conduction problems with phase change. Discussion and refinement, *Compte-Rendus de Mécanique*, 340, July, 501-511 (2012).
20. Pontié M., Ben Rejeb S., Legrand J., Anti-microbial approach onto-cationic-exchange membranes, *Separation and Purification Technology*, sous presse (2012).
21. De Nardi F., Pontié M., Mineral composition of epiphytic biofilms growing on *Phalaris arundinacea* and artificial substrates made of bamboo, *J. Water Sci.*, 25(3), 185-201, 2012.
22. F. Hadj-Romdhane, P. Jaouen, J. Pruvost, D. Grizeau, G. Van Vooren, P. Bourseau, Development and validation of a minimal growth medium for recycling *Chlorella vulgaris* culture, *Bioresource Technology*, 123, 366–374 (2012).
23. Kengne-Momo R.P., F. Lagarde, Ph. Daniel, J.F. Pilard, M.J. Durand, G. Thouand, 2012, Polythiophene synthesis coupled to Quartz Crystal Microbalance and Raman spectroscopy for detecting bacteria, *Biointerphases*, 7, 67.
24. Jouanneau S, Durand MJ, Thouand G, 2012, Online Detection of Metals in Environmental Samples: Comparing Two Concepts of Bioluminescent Bacterial Biosensors, *Environmental Science Technology*, 46, 11979-11987.
25. Peng-Ubol, T, P Phinyocheep, Ph Daniel, W Panbangred, JF Pilard, G Thouand, MJ Durand, 2012, Plasma-treated polyethylene film: a smart material applied for Salmonella Typhimurium detection, *Material Science and Engineering C*, 32, 2641–2648.
26. Kengne-Momo R, Daniel Ph, F Lagarde, Y Jeyachandran, JP Pilard, MJ Durand and G Thouand, 2012, Protein Interactions Investigated by the Raman Spectroscopy for Biosensor Applications,” *International Journal of Spectroscopy*, vol. 2012,7 pages, 2012.
27. Dif M., Blel W., Sire O., New physico-chemical regeneration process of CIP solutions, *Chemical Engineering Transactions*, 29, (2012) 829-834.
28. Peyretailade E., Parisot N., Polonais V., Terrat S., Denonfoux J., Dugat-Bony E., Wawrzyniak I., Biderre-Petit C., Mahul A., Rimour A., Goncalves O., Bornes S., Delbac F., Chebance F., Duprat S., Samson G., Katinka K., Weissenbach J., Wincker P. and Peyret P..Annotation of microsporidian genomes using transcriptional signals. *Nat Commun.* (2012) Oct 16;3:1137.
29. De Nardi F, Pontié M., Mineral composition of epiphytic biofilms growing on *Phalaris arundinacea* and artificial substrates made of bamboo, *J. Water Sci.* 25(3) (2012) 185-201.

1. Massé A., Nguyen Thi H., Roelens G., Legentilhomme P., Jaouen P., Seawater ultrafiltration : rolee of particles on organic rejections and permeate fluxes, Environmental Technology DOI: 10.1080/09593330.2013.777127, 2013.
2. N Amarouche, L Boudesocque, C Sayagh, M Giraud, J Mc Garrity, A Butte, L Marchal, A Foucault, J-H Renault, "Purification of a modified cyclosporine A by co-current centrifugal partition chromatography: process development and intensification", J Chromatography A, in Press.
3. A. K. Patel, C. Laroche, A. Marcati, A. V. Ursu, S. Jubeau, L. Marchal, E. Petit, G. Djelveh, P. Michaud, "Separation and fractionation of exopolysaccharides from *Porphyridium cruentum*", Bioresource Technology, in Press.
4. A. Tanniou, L. E. Serrano, L. Vandanjon, E. Ibanez, J. Mendiola, S. Cerantola, N. Kervarec, S. La Barre, L. Marchal, V. Stiger-Pouvreau, « Green improved processes to extract bioactive phenolic compounds from brown macroalgae using *Sargassum muticum* as model », Talanta, 104, p 44-52 (2013).
5. C. Ungureanu, L. Marchal, A. A. Chirvase, A. Foucault, "Centrifugal partition extraction, a new method for direct metabolites recovery from culture broth: case study of torularhodin recovery from *Rhodotorula rubra*", Bioresource Technology, 132, p 406-409 (2013).
6. S. Jubeau, L. Marchal, J. Pruvost, P. Jaouen, J. Legrand, J. Fleurence, "High pressure disruption: a two-steps treatment for selective extraction of intracellular components from the microalga *P. cruentum*", J Applied Phycology, 25(4), p 983-989 (2013).
7. Marchal, L., Mojaat-Guemir, M., Foucault, A., Pruvost, J., Centrifugal partition extraction of β -carotene from *Dunaliella salina* for efficient and biocompatible recovery of metabolites, Bioresource Technology, In Press.
8. F. Hadj-Romdhane, X. Zheng, P. Jaouen, J. Pruvost, D. Grizeau, J.P. Croué, P. Bourseau, The culture of *Chlorella vulgaris* in a recycled supernatant: effects on biomass production and medium quality, Bioresource Technology, 132 (2013), 285–292.
9. Cregut M; Bedas M; Durand M.-J.; Thouand G, 2013, New insights into polyurethane biodegradation and realistic prospects for the development of a sustainable waste recycling process, Biotechnology Advances (accepted for publication) <http://dx.doi.org/10.1016/j.biotechadv.2013.08.011>.
10. Cregut M, M Bedas, A Assaf, MJ Durand, G Thouand, 2013, Applying Raman spectroscopy to the assessment of the biodegradation of industrial polyurethanes wastes, accepted in Environmental Sciences and Pollution Research DOI:10.1007/s11356-013-1772-0.
11. Foucault Y, Durand MJ, Tack K, Schreck E, Geret F, Leveque T, Pradere P, Goix S, Dumat C, 2013, Use of ecotoxicity test and ecoscores to improve the management of polluted soils: case of a secondary lead smelter plant., *J. Hazard Mater.*, 246 (247), 291-299.
12. S. Déon, P. Dutournié, P. Fievet, L. Limousy, P. Bourseau, Concentration polarization phenomenon during the nanofiltration of multi-ionic solutions: influence of the filtrated solutions and operating conditions, Water Research 47(7) 2013, 2260–2272.
13. Dif M., Blel W., Tastayre G., Lendormi T., Sire O., The effect of pH, temperature and ionic strength parameters on the purification of soiled CIP solutions using crude and activated bentonite. Journal of Food Engineering, 114 (2013) 477–485.
14. Blel W., Legentilhomme P., Bénézech T., Fayolle F., Cleanability study of a scraped surface heat exchanger. Food and Bioproducts Processing, 91, (2013) 95-102.

15. Faille C., Bénézech T., Blel W., Ronse A., Ronse G., Clarisse M., Slomianny C., Role of mechanical vs. chemical action in the removal of adherent Bacillus spores during CIP procedures, *Food Microbiology*, 33, (2013) 149-157.
16. Courant F., Martzolff A., Rabin G., Antignac J.P., Le Bizec B., Giraudeau P., Tea I., Akoka S., Couzinet A., Cogne G., Grizeau D., Gonçalves O. How metabolomics can contribute to bio-processes: a proof of concept study for biomarkers discovery in the context of nitrogen-starved microalgae grown in photobioreactors DOI: 10.1007/s11306-013-0532-y.
17. A. Somrani, A. H. Hamzaoui, M. Pontié, Study on lithium separation from salt lakes brines by nanofiltration (NF) and low pressure reverse osmosis (LPRO), *Desalination*, 2013, *Desalination* 317 (2013) 184–192.
18. M. Pontié, O. Kama, M. Rabiller-Baudry, P. Le Clech, 2013, Old RO/NF modules: solutions of reuse, *Desalination and water treatment*, in press.
19. Ifrim, G.A., Titica, M., Barbu, M., Boillereaux, L., Cogne, G., Caraman, S., Legrand, J., Multivariable Feedback Linearizing Control of Chlamydomonas reinhardtii Photoautotrophic Growth Process in a Torus Photobioreactor, *Chemical Engineering Journal* 218, 191–203, 2013.
20. M. Yataghene, J. Legrand, A 3D-CFD model thermal analysis within a scraped surface heat exchanger, *Computers & Fluids*, 71, 380-399 (2013).
21. E. Berrich, F. Aloui, J. Legrand, Analysis of inverse method applied on sandwich probes, *Journal of Fluids Engineering*, 135(1), 011401- 011408 (2013).
22. E. Talansier, D. Della Valle, C. Loisel, A. Desrumaux, J. Legrand, Elaboration of controlled structure foams with SMS static mixer », *A. I. Ch. E. Journal*, 59, 132-145 (2013).
23. E. Berrich, F. Aloui, J. Legrand, Experimental validation and critical analysis of inverse method in mass transfer using electrochemical sensor, *Experimental Thermal and Fluid Science*, 44, 253-263 (2013).

<p>ACLN : Articles dans des revues avec comité de lecture non répertoriées dans des bases de données internationales.</p>
--

2012

1. Sadoun N., Si-Ahmed E.-K., Legrand J., On heat conduction with phase change: accurate explicit numerical method, *Journal of Applied Fluid Mechanics*, 5, 105-112 (2012).
2. Chailleux E., Audo M., Bujoli B., Queffelec, C., Legrand J., Lépine O., “Alternative Binder from Microalgae”, *Transportation Research Circular*, n°E-C165, August, 7-14 (2012).
3. Talensier E., Couedel C., Guihard L., Della Valle D., Desrumaux A., Besbes E., Loisel C., Legrand J., « Mise en œuvre du mélangeur statique SMX™ sur une installation pilote et étude de la faisabilité du foisonnement de bses protéiques simples et complexes », *Industries Alimentaires et Agricoles*, Nov-Déc, 33-39 (2012).

2013

1. Belgacem I., Salhi Y., Si-Ahmed E.-K., Legrand J., Rosant J.-M., « Experimental investigation of slug pattern in a horizontal two-phase flow », *Computational Methods in Multiphase Flow VII*, WIT Transactions on Engineering Sciences, Vol 79, 423-434 (2013).

BR : Brevets

2012

1. Legendre A., Demazières N., Legrand J., Pruvost J., Mur rideau intégré servant à la production industrielle optimisée de microalgues en façade de bâtiments, *Brevet international n°PCT/FR2012/051704* (18 juillet 2012).

2013

1. Gonçalves O., Le Goff D. Hauser J.L. Accessoire de réception d'un échantillon liquide pour appareil de spectrométrie infrarouge, PI n° 1254876

INV : Conférences données à l'invitation du Comité d'organisation dans un congrès national ou international

2012

1. Jaouen P., Bourseau P., Massé A., Fleurence, J., Pruvost J., Marchal L., Jubeau S., Guilbaud J., Hadj-Romdane F., Castaing JB., Bergé JP., J. Legrand, "Bioprocessing and Marine Biotechnology, Internat. Conference « Catedra Europa 2012» University Del Norte Baranquilla - Colombia, 12th -14th March 2012, Invited lecture.
2. Jaouen P., "Cluster of Marine Research IUML in Nantes" an overview including activities of the Research Labs, Doctoral schools and Master degrees. Position of IUML cluster within the french and european frameworks. Internat. Conference « Catedra Europa 2012» University Del Norte Baranquilla - Colombia, 12th -14th March 2012, Invited lecture.
3. Pontié M., « Mesures de potentiel d'écoulement (PE) au travers de membranes : outil *in situ* du diagnostic membranaire », Journée Scientifique de Nantes 2012, Colloque Capteurs et Biocapteurs dédiés aux procédés en Environnement et Aroalimentaire, 8 juin 2012, conférence invitée.
4. Molina-Jouve C., Legrand J., « Biocarburants de 3ème génération : fermentation et photosynthèse - Vers des solutions durables de productions microbiennes de molécules lipidiques à usages énergétiques et chimiques », Conférence invitée au 1er Colloque Energie CNRS – Académie des Technologie, Paris (02.10.2012).
5. Bourseau P., Nguyen T.D.P, Soulies A., Frappart M., Jaouen P., Legrand J., Pruvost J., Castelain C., Burghelea T., "Microalgae suspensions: some key aspects for industrial cultivation", Conférence invitée à Colloids 2012, Rueil Malmaison (17-19.10.2012).

2013

1. Pontié M., Dussault F., 2013, Intégration de la chimie analytique et du génie des procédés pour l'analyse et le traitement durables des micropolluants émergents (pesticides, médicaments et leurs métabolites), 7ème congrès africain de Chimie Analytique, 4-5 oct. 2013, Dschang, Cameroun
2. Thouand G, MJ Durand, 2013, Detection of heavy metals and other contaminants with bioluminescent microorganisms, RME2013 – the 8th conference, Noordwijkerhout, the Netherlands, 21-23 January 2013.
3. Bourseau P., Legrand J., Frappart M., Jaouen P., Marchal L., Pruvost J., Exploitation of microalgae and Marine Research in Nantes – Saint-Nazaire, Symposium on Marine Sciences – Leuven – 28 May 2013.

4. Legrand J., Pruvost J., « Conception and modelling of Photobioreactor for microalgae culture », Conférence invitée à l'International Symposium on Algal Biomass, Tokyo (5-6.09.2013).
5. Bourseau P., Vandanjon L. et Jaouen P., Fractionnement de mélanges de peptides et d'hydrolysats protéiques par ultra et nanofiltration, Journée CFM « Fractionnement en milieu aqueux », Paris, 13 novembre 2013.
6. Bourseau P. Photobioreactors and separation for high value molecules extraction from algae and other marine ressources, International Chemical Engineering Congress 2013 - ICEC2013, December 16-19, 2013, Djerba, Tunisia.

ACT : Communications avec actes dans un congrès international ou national
--

2012

1. S. Chollet, L. Marchal, J. Meucci, JH. Renault, "Towards optimally sized Centrifugal Partition Chromatography Columns – process design methodology and applications", SPICA2012, Brussels (30.09-03.10 2012)
2. Guilbaud J., Massé A., Wolff F.C, Jaouen P., Seawater pre-treatment by dead-end micro and ultrafiltration in pressure driven inside feed, *Internat. Conference Desalination for the environment, clean water and energy*, Barcelona 22 -26th April 2012.
3. Plantier S., Castaing JB., Sabiri NE., Massé A., Jaouen P., Pontié M., Performance of sand filter in removal of algal bloom for SWRO pre-treatment, *Internat. Conference Desalination for the environment, clean water and energy*, Barcelona 22 -26th April 2012.
4. Pontié M., Dach H., A. Lhassani, C. K. Diawara, Water defluoridation using nanofiltration vs reverse osmosis : the first world unit, Thiadiaye (Sénégal), Desalination and water treatment, (2012), conférence orale, *Desalination for the Environment - Clean Water and Energy*, 23–26 April 2012, Barcelona, Spain
5. Pontié M., Derauw S., Plantier S., Laury E., Bailly L., Seawater desalination: nanofiltration—a substitute for reverse osmosis?, Conférence orale, *Desalination for the Environment - Clean Water and Energy*, 23–26 April 2012, Barcelona, Spain
6. Pontié M., Kit de mesure des pesticides et de leurs résidus dans les milieux aquatiques : une innovation d'avenir, *Journées Informations Eaux 2012, 25-27 sept. 2012, Poitiers, France*
7. Durand MJ, Gueuné H., G Thouand, 2012, Detection of Organotin Compounds with a Bacterial Bioassay : Application to the Inspection of Antifouling Paint, ECSA 50, 3-7 June 2012- Venice, Italy
8. Cordella C.B.Y., Assaf, A., Thouand, G., Jouan-Rimbaud Bouveresse, D., Rutledge, D.N., 2012, Development of a chemometric procedure for evaluating the quality of Raman spectra used in bacterial strains discrimination, CHIMIOMETRIE 2012, 5 - 6 décembre 2012, École Polytechnique Universitaire de Lille1, Villeneuve d'ascq, France.
9. Pascal Le Floc'h, Patrick Bourseau, Laurent Le Grel, Elise Quéré. 2012. Le rôle des acteurs publics locaux dans un projet de développement économique du territoire: l'exemple des coproduits marins 2012 - Journées de la Proximité / Proximity Days, HEC Montréal, 21-23 mai 2012.
10. Daboussy, M., Titica, M., Boillereaux, L. On the sensitivity analysis for parameter identification of a microalgae dynamical model in sulfur deprived conditions, présentation orale Proceedings of the 16th International Conference on system theory, control and computing (ICSTCC), vol.2, ISBN 978-606-8348-48-3, CD, Oct. 2012.
11. Chailleux E., Audo M., Bujoli B., Queffelec C., Legrand J., Lépine O., "Alternative Binder from Microalgae", Communication orale au 91st Annual Meeting of the Transportation Research Board, Washington, D.C (22-26.01.2012).

12. Berrich E., Aloui E., Legrand J., "On the stability of Taylor - Couette Flow with Axial Flow", Communication orale au ASME2012 Fluids Engineering Division Summer Meeting and 7th Symposium on Flow Manipulation and Active Control, Puerto Rico, USA (8-12.07.2012).
13. Abassi W., Aloui F., Ben Nasrallah S., Legrand J., "Use of Lattice-Boltzmann Method in Mass Transfer for the Wall Shear Stress Calculation in an Unsteady Laminar Flow Downstream of a Cylinder Located in a 2D Rectangular Channel", Communication orale au ASME2012 Fluids Engineering Division Summer Meeting and 7th Symposium on Flow Manipulation and Active Control, Puerto Rico, USA (8-12.07.2012).
14. Rassoul I., Djilali N., Kessi A., Si-Ahmed E.K., Legrand J., "Experimental and theoretical investigation of water capillary bridge formation from a Porous fibrous surface", Communication par poster au ICCE- 2012: International Conference on Clean Energy, Quebec (10-12.09.2012).
15. Berrich E., Aloui F., Legrand J., "Synchronisation PIV-polarographie pour l'étude de l'interaction écoulement-paroi dans un écoulement de Couette-Taylor", Communication orale au 13ième Congrès Francophone de Techniques Laser, CFTL 2012, ISBN: 978-2-9537649-1-8, pp.159-166, Rouen (18-21.09.2012).
16. Berrich E., Aloui F., Legrand J., "Synchronization between PIV and electrodiffusion techniques for the characterization of wavy Taylor vortex flows with axial flows", Communication au 7th International Symposium on Turbulence, Heat and Mass Transfer (THMT12), Belgell House Inc. New York, Wallingford (UK), ISBN: 978-1-56700-301-7 (2012) pp. 267-270, Palermo, Italy (24-2/.09/2012).
17. Audo M., Queffelec C., Lépine O., Legrand J., Chailleux E., Bujoli B., « Relationship between microalgae lipid extracts composition and rheological properties », Communication orale au congrès international ISAP 2012 (International Symposium on Asphalt Pavements and Environment) – Fortaleza-Brésil (01-03/10/2012).

2013

1. L Marchal, T Rinaldi, G Djelveh, P Michaud, "Alcorefinery of microalgal biomass – mild treatments integration for pigments and proteins fractionation from *Chlorella vulgaris*", BFF2013, Wageningen (07.04-10.04.2013).
2. J.Pruvost, C.Lombard, C.Haehnel, O.Lépine, F.Le Borgne, J.Leuranguer, J.Legrand, P.Jaouen, J.Jenck, A.Raquenes, E.Dechandol, B.Le Gouic, Biological valorization of co2 from cement industry using microalgae, 9th European Congress of Chemical Engineering, The Hague, The Netherlands, April 21-25, 2013.
3. Soulies A, Pruvost J., Castelain C., Burghelca, T., Legrand, J., Investigations of hydrodynamics of microalgal suspensions as achieved in high-cell density photobioreactors, 9th European Congress of Chemical Engineering, The Hague, The Netherlands, April 21-25, 2013.
4. J.Pruvost, J.Legrand, O.Lépine, J.Jenck, F.Le Borgne, Photobioreactors for microalgae cultivation: from research to industrial exploitation, 9th European Congress of Chemical Engineering, The Hague, The Netherlands, April 21-25, 2013.
5. Brillet François, Durand Marie-José, Maul Armand and Gérald Thouand, 2013, ProbaBio : a new concept in the evaluation of biodegradation, FEMS 2013, 5TH congress of European Microbiologist, July 21-25, Leipzig, Germany
6. Durand M.J., S Jouanneau and G Thouand, 2013, Detection of heavy metals, organotins and their toxicity with bioluminescent bacteria, 14th EuCheMS International Conference on Chemistry and the Environment, ICCE 2013, Barcelona, June 25 – 28.
7. Recoules L, V. Picot, S. Assie-Souleille, G.Thouand, Y.Primault, D.Esteve, A.Boukabache, 2013, Development of a bacteria based microsystem for a quickly measure of pollutants in rejected waters, μ TAS

8. Hartono M, Marie-Jose Durand, R S. Marks, G Thouand, 2013, Removal of Tributyltin by Alginate Beads, CREATE Water Thrust Symposium 2013, Ben-Gurion University of the Negev (BGU), 27th May 2013
9. Assaf A, GD. Sockalingum, MJ. Durand, P. Daniel, G. Louran, G. Thouand, 2013, Application of the Raman spectroscopy for the identification of bacteria in the field of food science, Pittcon 2013, March 17-21, 2013, Pennsylvania Convention Center, Philadelphia, PA USA.
10. Dif M., Blel W., Tastayre G., Lendormi T., Sire O., New physico-chemical regeneration process of CIP solutions. 20th INTERNATIONAL CONGRESS OF CHEMICAL AND PROCESS ENGINEERING CHISA, Prague, Czech Republic, 25-29 aout 2012.
11. Dif M., Blel W., Sire O., Identification of transfer mechanisms involved in the physico-chemical treatment and purification of CIP solutions at extreme conditions of pH and temperature in order to reuse them for next cleaning. Food Factory, Laval, France, 4-6 Juillet 2012.
12. M. Pontié, J.S. Derauw, S. Plantier, L. Edouard, L. Bailly, Seawater desalination: nanofiltration—a substitute for reverse osmosis ? , Desalination and Water Treatment (51), 1-3, January 2013, 485-494.
13. M. Pontié, H. Dach, A. Lhassani C. Kéba Diawara, Water defluoridation using nanofiltration vs. reverse osmosis: the first world unit, Thiadiaye (Senegal) , Desalination and Water Treatment, 51, 1-3, January 2013, 164-168.
14. S. Plantier, J.-B. Castaing, N.-E. Sabiri, A. Massé, P. Jaouen, M. Pontié, Performance of a sand filter in removal of algal bloom for SWRO pre-treatment , Desalination and Water Treatment, 51, 7-9, February 2013, 1838-1846.
15. M. Pontié, A. Calenda, JP Bouchara. et Coll., « Microcapteurs électrochimiques pour des mesures durables en Environnement-Santé et Agroalimentaire », communication orale, Colloque C2i en instrumentation, 29-30 janvier 2013, Lyon.
16. M. Pontié , S. Plantier , A. Massé , J.B.Castaing , N. Sabiri , V. Séchet , M ; Frappart, J. Haure , P. Jaouen, Elimination des microalgues toxiques de l'eau de mer pour la protection des bassins conchylicoles, Colloque SPB 2013, Toulouse, 10-11 sept 2013.
17. Tebbani, S., Titica, M., Boillereaux, L., Caraman, S., Estimation of Chlamydomonas reinhardtii Growth in a Torus Photobioreactor, 12th Computer Applications in Biotechnology, Mumbai, Inde, December 16-18, 2013.
18. George Adrian Ifrim, Mariana Titica, Lionel Boillereaux, Sergiu Caraman, Feedback linearizing control of light-to-microalgae ratio in artificially lighted photobioreactors, 12th Computer Applications in Biotechnology, Mumbai, Inde, December 16-18, 2013.
19. Berrich E., Aloui F., Legrand J., "Experimental study on oscillatory Couette - Taylor Flows behaviour", ASME 2013, Fluids Engineering Division Summer Meeting - 8th Symposium of Flow manipulation and active control: Theory, Experiments and Implementation, July 7-11, Incline Village, 2013, Nevada, USA.
20. Abassi W., F. Aloui, Ben Nasrallah, Labraga L., Legrand J., "Use of the POD and the coherent structure detection criteria to study the flow dynamics downstream a confined square", ASME 2013, Fluids Engineering Division Summer Meeting - 8th Symposium of Flow manipulation and active control: Theory, Experiments and Implementation, July 7-11, Incline Village, 2013, Nevada, USA.

COM : Communications orales sans actes dans un congrès international ou national

2012

1. Lépine O., Legrand J., Jenck J., AlgoRefinery: processing microalgae into valuable products, *20th European Biomass Conference and Exhibition*, Milano (18-22.06.2012).

2. Le Floc'h P., Bourseau P., Le Grel L., Quéré E., Le rôle des acteurs publics locaux dans un projet de développement économique du territoire: l'exemple des coproduits marins, *Journées de la Proximité / Proximity Days*, HEC Montréal, 21-23 mai 2012.
3. Zebouj S., Bourseau P., *Heat Transfer in wiped film evaporator*, GLS-F6, 6èmes Journées Francophones sur les Réacteurs Gaz-Liquide et Gaz-Liquide-Solide, Marrakech, 8-11 mai 2012.
4. Castaing J.B., Massé A., Sabiri N.E., Pontié M., Séchet V., Haure J., Jaouen P., Ultra et microfiltration par membranes immergées fibres creuses d'eau de mer contaminée par des microalgues toxiques, *SFGP -Colloque Polluants émergents : Quels défis pour une meilleure gestion de l'eau ?*, 1 & 2 février 2012.
5. Pontié M., Water defluoridation using nanofiltration : the first world unit, Thiadiaye (Sénégal), *WFC 11th World Filtration Congress*, Graz – Austria, 16-20th April 2012, M6, p.192 ;
6. Pontié M., Membrane Reuse : First step to cradle to cradle (C2C) approach, *WFC 11th World Filtration Congress*, Graz – Austria, 16-20th April 2012, M8, p.197 ;
7. Castaing J.-B., Plantier S., Massé A., Sabiri N., Jaouen P., Pontié M., Haure J. Total removal of microalgae in seawater by submerged microfiltration, *WFC 11th World Filtration Congress*, Graz – Austria, 16-20th April 2012, PM2, p.302 ;
8. Thouand G., 2012, Biocapteurs microbiens bioluminescents pour la détection de métaux et de tri-butyl étain en milieu marin, Colloque Capteurs et biocapteurs appliqués aux Procédés en Environnement et Agroalimentaire, Journées Scientifiques de l'Université de Nantes, 8 juin 2012.
9. Assaf A., 2012, Détection de bactéries pathogène en agroalimentaire au moyen de la spectroscopie Raman. Colloque Capteurs et biocapteurs appliqués aux Procédés en Environnement et Agroalimentaire, Journées Scientifiques de l'Université de Nantes, 8 juin 2012.
10. Bourseau P., Nguyen T.D.P., Souliès A., Frappart M., Jaouen P., Légrand J., Pruvost J., Castelain C., Burghilea T.I., Microalgae suspensions: some key aspects for industrial cultivation, *International Conference on Colloids and Complex Fluids: Challenges and Opportunities "Colloids 2012"*, Rueil-Malmaison, 17-19 octobre 2012.
11. M. Pontié, Y. Govinden, A. Diallo, Kit de mesure des pesticides et de leurs résidus dans les milieux aquatiques : une innovation d'avenir, Journées Information Eaux, 25-27 sept. 2012, Poitiers.
12. Souliès A., Pruvost J., Castelain C., Légrand J., Burghilea T., « Rheological properties Chlorella micro-algae suspensions », Communication orale au congrès de la Deutsche Physikalische Gesellschaft, Chemical and Polymer, Physics Division, Berlin (25-30.03.2012).

2013

1. M. Frappart, T.D.P. Nguyen, P. Jaouen, J. Pruvost, P. Bourseau, Récolte de microalgues (*Chlorella vulgaris*) par autofloculation et procédés membranaires, XIVème congrès SFGP 2013, Lyon, 08-10 octobre 2013.
2. M. Frappart, M. Pontié, T.D.P. Nguyen, P. Jaouen, P. Bourseau, Comparaison de la séparation membranaire tangentielle et dynamique pour la récolte de microalgues, Colloque Francophone Séparation de Particules Biologiques, Toulouse, 10 et 11 septembre 2013.
3. P. Bourseau, T.D.P. Nguyen, D. Grizeau, M. Frappart, Récolte d'une microalgue d'eau douce (*C. vulgaris*) par floculation naturelle, Colloque Francophone Séparation de Particules Biologiques, Toulouse, 10 et 11 septembre 2013.
4. T.D.P. Nguyen, M. Frappart, P. Bourseau, Récolte de microalgues par floculation naturelle, GFP Ouest / SFGP Ouest 2013, Nantes (Carquefou), 16 mai 2013.
5. V. Montalescot, M. Frappart, P. Jaouen, P. Bourseau, Extraction de lipides neutres et de pigments de microalgues par un procédé intégrant destruction cellulaire et filtration membranaire, GFP Ouest / SFGP Ouest 2013, Nantes (Carquefou), 16 mai 2013.

6. M. Pontié, O. Kama, M. Rabiller-Baudry, P. Le Clech, 2013, Old RO/NF modules behaviour: solutions of reuse , Engineering With Membranes, EMS, St Pierre Oléron, 3-7 septembre 2013.
7. Pruvost J., Legrand J., Lépine O., Jenck J., Legendre A., Demaszière N., Frusta F., Blassel J.-F., “Symbio2 - An Integrated system for the production of microalgae in the urban environment in symbiosis with building systems and their envelope”, Communication orale au World Green Infrastructure Congress, Nantes (9–13.09.2013).

AFF : Communications par affiche dans un congrès international ou national

2012

1. Souliès A., Pruvost J., Castelain C., Burghilea T., Legrand J., Etude et modélisation de l'écoulement d'une suspension microalgale en milieu confiné, *6^{èmes} Journées Francophones sur les Réacteurs Gaz-Liquide et Gaz-Liquide-Solide*, Marrakech (08-11.05.2012).
2. Castaing J.-B., Plantier S., Massé A., Sabiri N., Jaouen P., Pontié M., Haure J. Total removal of microalgae in seawater by submerged microfiltration, *WFC 11th World Filtration Congress*, Graz – Austria, 16-20th April 2012, PM2, p.302,
3. Vandanjon L., Maguire J., Massé A., Jaouen P., Bourseau P., Recovering of aromas from seafood cooking juices: the case of the Irish mussel chain value, *6th international conference on the food factory for the future*, Laval - France, 4th to 6th July 2012,
4. Pontié M., Reynier P., Design of electrochemical microsensors to monitor Nitric oxide (NO) for Human Health Leber's Diseases investigations, *13^{ème} Colloque du GFB*, 24 au 28 septembre 2012 à Lacanau-Océan, France
5. Ali Assaf, Gérald Thouand, 2012, Détection de bactéries pathogènes en agroalimentaire au moyen de la Spectroscopie Raman, *VIII ° Journées de Spectroscopie Vibrationnelle*, 6-8 Juin 2012, Talence-Bordeaux, France.
6. L. Vandanjon, J. Maguire, A. Masse, P. Jaouen, P. Bourseau (2012). Recovering of aromas from mussel cooking juice, *Congrès Food Factory*, 4-6 juillet 2012, Laval
7. P. Souchet, M. Pontié, C. Innocent, Catalyse électrochimique pour Pile à Combustible Durable, communication par poster, *Journées francophones des jeunes physico-chimistes*, Dinard, 15-19 oct. 2012.
8. Souliès A., Pruvost J., Castelain C., Burghilea T., Legrand J., “High cell density photobioreactors: from intensification to hydrodynamic study”, Communication par poster au congrès de l'European Society of Microalgal Biotechnology, Nuthetal (4-5.06.2012).

2013

1. Moutel, B., Pruvost, J., Gonçalves, O., Grizeau, D., Legrand, J., Assessing botryococcus braunii hydrocarbon production potential using original functional and physiological screening approach, *9th European Congress of Chemical Engineering*, The Hague, The Netherlands, April 21-25, 2013.
2. Kandilian, R., Pruvost, J., Legrand, J., Pilon, L., Radiation characteristics of the microalgae nannochloropsis oculata subjected to progressive nitrogen starvation for lipid accumulation, *9th European Congress of Chemical Engineering*, The Hague, The Netherlands, April 21-25, 2013.
3. Caporgno M., Font J., Legrand J., Bengoa C., “Chlorella sp. Pretreatment to improve anaerobic codigestion with sewage sludge”, *9th European Congress of Chemical Engineering*, The Hague, The Netherlands, April 21-25, 2013.

4. G.Dumitrașcu, M.Titica, A.Chiroșcă, G.Ifrim, L.Boillereaux, J.Pruvost, S.Caraman, Control strategies of two interconnected photobioreactors for continuous hydrogen production by microalgae, 9th European Congress of Chemical Engineering, The Hague, The Netherlands, April 21-25, 2013T
5. Hartono Maria, Marie-Jose Durand Thouand, Robert S. Marks, Gerald Thouand, 2013, Removal of Tributyltin by Alginate Gels in Artificial Seawater, Challenges in Environmental Science & Engineering, CESE-2013, 29 oct-2 Nov 2013, Daegu, Korea.
6. Jouanneau S, M.J. Durand and G.Thouand, 2013, Biosensors for heavy metal detection with a array of bioluminescent bacteria, FEMS 2013, 5Th congress of European Microbiologist, July 21-25, Leipzig, Germany.
7. Brillet François, Durand Marie-José, Maul Armand and Gérald Thouand, 2013, ProbaBio : a new concept in the evaluation of biodegradation, 14th EuCheMS International Conference on Chemistry and the Environment ICCE 2013, Barcelona, June 25 – 28.
8. Hartono M, Marie-Jose Durand, R S. Marks, G Thouand, 2013, Removal of Tributyltin by Alginate Beads, CREATE Water Thrust Symposium 2013, Ben-Gurion University of the Negev (BGU), 27th May 2013
9. G. Bedoux, C. Marty, K. Hardouin, L. Vandanjon, N. Bourgougnon (2013). Photoprotective substances from red macroalgae: eco-designed extracts used in cosmetics. 21st International Seaweed Symposium. April 21-26, Bali (Indonesia)
10. Tanniou A, Vandanjon L, Incera M, Serrano Leon E, Husa V, Engelen A, Le Grand J, Nicolas J-L , Walsh R, Poupart N, Bourgougnon N, Stiger-Pouvreau V (2013). Assessment of the spatial variability of phenolic contents and associated bioactivities of *Sargassum muticum* along a latitudinal gradient, International Seaweed Symposium. April 21-26, Bali (Indonesia).
11. M. Frappart, T. D. P. Nguyen, P. Jaouen, J. Pruvost and P. Bourseau, Harvesting microalgae by autoflocculation, . 9th European Congress of Chemical Engineering, The Hague, The Netherlands, April 21-25, 2013
12. V. Montalescot, E. Anglés, P. Jaouen., M. Frappart, J. Pruvost, P. Bourseau, Caractérisation d'une suspension de microalgues après destruction cellulaire, XIVème congrès SFGP 2013, Lyon, 08-10 octobre 2013.
13. V. Montalescot, P. Jaouen, M. Frappart, J. Pruvost, P. Bourseau, Fractionation of wet microalgal biomass: impact of cell destruction on lysate characteristics and on neutral lipids and pigments recovery, Symposium Biorefinery for Food, Fuel and Materials, BFF 2013, Wageningen, April 7-10, 2013
14. F. Hadi-Romdhane, P. Bourseau, J. Pruvost, D. Grizeau, P. Jaouen, Recyclage et traitement par techniques membranaires de milieux de culture de microalgues, XIVème congrès SFGP 2013, Lyon, 08-10 octobre 2013
15. M. Pontié, 2013, Anti-microbial onto-ionic exchanges membranes, Engineering With Membranes, EMS, St Pierre Oléron, 3-7 septembre 2013

OS : Ouvrages scientifiques (ou chapitres de ces ouvrages)

2012

1. Cournac L., Pruvost J., Legrand J., Production d'hydrogène par les microorganismes photosynthétiques, *Techniques de l'Ingénieur*, Bio3352, 1-12 (2012).
2. J.Pruvost, J.F.Cornet, Knowledge models for engineering and optimization of photobioreactors, "Microalgal Biotechnology", Edited by C.Posten and C.Walter, De Gruyter GmbH & Co. KG, 2012.
3. Thouand G, MJ Durand, 2012, Microbial Biosensors for Environmental Applications, in Chemical Sensors and Biosensors, R Lalauze Edit, 448 pp, Wiley, UK.

2013

1. Legrand J., « Emulsions alimentaires et foisonnement », coordination de l'ouvrage édité par Lavoisier, Hermès-Sciences dans la collection « Génie des Procédés », 482 pages, 2013.
2. Desrumaux A., Legrand J., Procédés d'émulsification, Lavoisier, Hermès-Sciences, 167-215 (2013).

OV : Ouvrages de vulgarisation (ou chapitres de ces ouvrages)

2013

1. M. Pontié, P. Le Clech, 2013, Membrane, Dessalement et Développement Durable, Le devenir des membranes usagées d'Osiose Inverse, Magasine Energie et DD, n°42, 15-19.

AP : Autres publications.

2012

1. Jaouen P. and Pruvost J. "Bioprocesses and separative techniques for the production of microalgae for food, aquaculture and bioenergy", INVEMAR, Marine and Coastal Research Institute, Santa Marta – Colombia 15th March 2012, Invited lecture.
2. Ji C., Xué S., Legrand J., Zhang W., Photobiological hydrogen production by *T. Subcordiformis*, Conférence au 5^{ème} Meeting annuel du Laboratoire International Associé Franco-Chinois "Laboratory for Sustainable Energy" – Nantes (18-20.01.2012).
3. Pontié M., Erable B., Innocent I., Legrand J., Bergel A., Microbial fuel cells (MFC) intensification, Conférence au 5^{ème} Meeting annuel du Laboratoire International Associé Franco-Chinois "Laboratory for Sustainable Energy" – Nantes (18-20.01.2012)
4. Pontié M., « Membrane et eau destinée à la consommation humaine : Etat de l'Art », Comité des Experts sur l'Eau, Agence Nationale de Sécurité Sanitaire, de l'alimentation, de l'Environnement et du travail (ANSES), 4 septembre 2012, Maisons-Alfort ;
5. Thouand G., 2012, Biocapteurs microbiens bioluminescents pour la détection de métaux et de tri-butyl étain en milieu marin, Colloque Capteurs et biocapteurs appliqués aux Procédés en Environnement et Agroalimentaire, Journées Scientifiques de l'Université de Nantes, 8 juin 2012.
6. Assaf A., 2012, Détection de bactéries pathogène en agroalimentaire au moyen de la spectroscopie Raman. Colloque Capteurs et biocapteurs appliqués aux Procédés en Environnement et Agroalimentaire, Journées Scientifiques de l'Université de Nantes, 8 juin 2012.

TH : Thèses soutenues

2012

1. **Julie Guilbaud** « Étude des procédés membranaires pour le traitement des eaux de ballast : microfiltration ou ultrafiltration pour la rétention des microalgues invasives et/ou toxiques ». soutenue le 26/11/2012, Directeur de thèse : P. Jaouen (50%), co-directeur François-Charles Wolff 30 %, co-encadrant : A. Massé 20 %.

2. **Sébastien Jubeau** « Vers un concept de bioraffinerie appliqué à la valorisation entière, rentable et durable de microalgues », soutenue le 12/011/2012, Directeur de thèse J. Fleurence 50%, co-encadrant Luc Marchal 50%.
3. **Nguyen H.** "Etude des mécanismes de consolidation et d'abrasion du dépôt à l'interface membrane / suspension dans le cas d'une filtration tangentielle de milieux complexes", soutenue le 02/03/2012, Directeur : Jaouen P. ; Co-directeur : Legentilhomme P., Encadrant : Massé A.
4. **Ifrim G.A.**, « Commande de procédés d'intérêt environnemental (traitement biologique des eaux usées et production de microalgues en photobioréacteur) », soutenue le 29/03.2012, Directeur : Caraman S., Co-directeur : Boillereaux L., Encadrante : Titica M. (co-tutelle internationale, Université de Nantes – Université de Galati, Roumanie).
5. **Assaf A**, Application de la spectroscopie Raman pour la détection de pathogènes, encadrant G Thouand, co-encadrant MJ Durand, soutenue 2 mai 2012.
6. **Farid Hadj-Romdane** « Recyclage de milieux de culture de phytoplancton à très grande échelle : mise en œuvre de techniques membranaires », soutenue le 14/12/2012, Directeur de thèse P. Bourseau 50%, co-directeur P. Jaouen 50%.

2013

1. **Benjamin Le Gouic** « Analyse et optimisation de l'apport de carbone en photobioréacteur », soutenue le 30/05/2013, Directeur : Jérémy Pruvost (70%), Co-directeur : Jean-François Cornet (30%).
2. **Arnaud Martzloff** « Analyse systémique du métabolisme carboné et énergétique de *Chlamydomonas reinhardtii* », soutenue le 29/01/2013, Directeur de thèse : J. Legrand, co-encadrant G. Cogne.
3. **Séverine Plantier**, « Procédé de prétraitement d'eau de mer avant osmose inverse en présence de phytoplancton », soutenue le 23/10/2013, Directeur : Maxime Pontié (40%), Co-encadrants : Nor-eddine Sabiri (30%), Anthony Massé (30%)
4. **Thi-Dong-Phuong Nguyen** « Récolte de biomasse microalgale par floculation naturelle et procédés membranaires ». Directeur de thèse : P. Bourseau, co-encadrant M. Frappart.

HDR soutenue

2013

1. **Luc Marchal**, « Approches systématiques pour l'étude des phénomènes de transfert de matière aux interfaces », Habilitation à Diriger des Recherches de l'Université de Nantes soutenue le 18 mars 2013.

Axe « INGENIERIE DE L'ENERGIE »

Responsable : Michel HAVET

Chercheurs et enseignants-chercheurs permanents

Sary AWAD	Chargé de recherche, EMN
Emna BERRICH	Maître de Conférences, Université de Nantes
Lionel BOILLEREAUX	Professeur, ONIRIS
Bernard BOURGES	Professeur, EMN
Sébastien CURET-PLOQUIN	Maître de Conférences, ONIRIS
Michel HAVET	Professeur, ONIRIS
Vanessa JURY	Maître de Conférences, ONIRIS
Bruno LACARRIERE	Maître-Assistant, EMN
Olivier LE CORRE	Maître-Assistant, HdR, EMN
Patrick LEGENTILHOMME	Professeur, Université de Nantes
Khaled LOUBAR	Maître assistant, EMN
Agnès MONTILLET	Professeur, Université de Nantes
Frédéric PAVIET	Maître-Assistant, EMN
Olivier ROUAUD	Maître de Conférences, ONIRIS
Mohand TAZEROUT	Professeur, EMN
Audrey VILLOT	Maître-Assistant, EMN
Francis YGUEL	Directeur de recherche, CNRS, (depuis 17/05/13, à 20%)

Autres membres

Maria PARASCHIV	Ingénieur de Recherches contractuel
Edwin-Geo VARUVEL	Post-doctorant

Doctorants

Wafik Abassi « Utilisation de la méthode Lattice Boltzmann pour l'étude des transferts en écoulements tourbillonnaires. » début 1/01/11. Financement : bourse EGIDE sur projet CPARTOUT. Co-tutelle Université de Monastir/Gepea. Directeurs de thèse : F.i Aloui et S. Ben Nasrallah (Université de Monastir).

Imen Abed « Valorisation énergétique des déchets agricoles (noyaux de fruits) et des industries annexes : Etude expérimentale et théorique de la conversion thermique dans diverses conditions », début 1/10/09. Financement : Allocation Ecole des Mines, Université de Monastir. Co-tutelle Université de Monastir/Ecole des Mines de Nantes : Directeurs de thèse : F. Zagrouba (Université de Carthage) et M. Tazerout (Ecole des Mines de Nantes).

Mohamed Mazen Hamoud Agha « Etude et modélisation d'une pasteurisation microonde » début 1/10/09. Financement : bourse de l'état syrien. Directeur de thèse : L. Boillereaux, Co-encadrant : S. Curet-Ploquin, H. Simonin.

Radwan Alkhatib « Mise au point d'un carburant innovant à partir des déchets de pneus usagés par pyrolyse. » début 1/11/11. Financement : bourse de l'état syrien. Co-tutelle EMN/Institut Supérieur des Sciences Appliquées et de Technologie (ISSAT Damas, Syrie). Directeurs de thèse : M. Tazerout et A. Alfarrar (ISSAT).

Ivan Andric, « Impact of climate change on the next generation of district heating networks. » début 1/09/13. Programme Erasmus Mundus Joint Doctorate SELECT+ (en co-tutelle avec Instituto Superior Técnico de Lisbonne ,Portugal. Direction de thèse : O. Le Corre, Co-encadrement : B. Lacarrière.

Martin Azemar, « Développement et optimisation d'un procédé de séparation du miel en une phase liquide et une phase crémeuse » début 1/12/11. Contrat CIFRE Apinov. Directeur de thèse : A. LeBail Co-encadrant : Olivier Rouaud

Arab Belkadi « Etude du fractionnement dynamique liquide/liquide en régime laminaire pour la production de carburants alternatifs. Impact des propriétés du Mélangeur. » début 1/10/11. Financement : projet régional PERLE2. Directrice de thèse : A. Montillet, Co-directeur : J. Bellettre, co-encadrant : D. Tarlet.

Alexandru Ciocan « Contribution aux systèmes de stockage d'énergie en utilisant des systèmes hybrides à partir de sources d'énergie alternatives » début 2/01/13. Directeur de thèse : M. Tazerout.

Elias Daouk « Pyrolyse oxydante dans un procédé de gazéification étagée en lit fixe continu: Conversion de la biomasse et comportement des goudrons. », début 1/10/12. Directeur de thèse : C. Sollic. Co-encadrement : F. Paviet, L. Van De Steene (CIRAD), S. Salvador (Mines Albi)

Jose Fiacro Castro Flores, « Sustainable Thermal Energy Services for the Building Sector. » début 1/09/12. Programme Erasmus Mundus Joint Doctorate SELECT+ (en co-tutelle avec KTH Stockholm (Royal Institute of Technology), Sweden). Direction de thèse : O. Le Corre, Co-encadrement : B. Lacarrière.

Sébastien Guibert « couplage texture, moelleux, de spécialités pâtisseries, optimisation du couple procédé/formulation », début 14/01/13. Contrat CIFRE Galettes Saint-Michel. Directeur de thèse : A. LeBail Co-encadrant : V. Jury.

Merouane Hamdi « Efficacité énergétique du procédé de séchage électroconvectif. » début 1/10/11. Financement : projet régional PERLE2. Directeur de thèse : M. Havet, Co-encadrement : O. Rouaud, D. Tarlet.

Ali Hedayati, « Efficient energy systems for efficient energy buildings. » début 1/09/12. Programme Erasmus Mundus Joint Doctorate SELECT+ (parcours européen de doctorat sur le thème des services énergétiques, financement : Europe, industriels). Direction de thèse : O. Le Corre, Co-encadrement : B. Lacarrière.

Emre Karaoglan « Optimization of Fluid Bed Coating Process. » début 1/10/11. Financement : Bourse Marie Curie. Directeur de thèse : D. Poncelet, Co-encadrement : O. Rouaud, S. Curet-Ploquin.

Karim H. Khiari « Contribution à l'étude des propriétés thermo-physiques des biocarburants de 2ème génération et leur influence sur le comportement des moteurs » début 1/11/2013. Co-tutelle EMN/Ecole Militaire Polytechnique d'Alger, Algérie). Direction de thèse : M. Tazerout

Charlotte Marguerite « Modèles intégrés pour l'évaluation des actions territoriales de réduction des émissions de gaz à effet de serre. Évaluation multicritères des réseaux de chaleur. » début 1/11/10. Financement : allocation Ecole des Mines / contrat industriel. Directeur de thèse : J-F Sini (Ecole Centrale de Nantes). Co-encadrants : B. Bourges, B. Lacarrière.

Ayoub Missaoui « Caractérisation et étude de voie de valorisation possible des chars de pyrolyse » début 1/11/2013. Financement ADEME. Direction de thèse : L. Lecoq, Co-encadrement : A. Villot, C. Gerente.

Khatir Naima « Caractérisation et formulation de carburant innovant à partir de résidus d'hydrocarbures pour une utilisation en moteurs à combustion interne » début 15/10/12. Directeur de thèse : M. Tazerout.

Subodh Paudel, « Improvement of energy modelling tools in a context of low energy buildings/districts. ». début 1/09/12. Programme Erasmus Mundus Joint Doctorate SELECT+ Direction de thèse : O. Le Corre, Co-encadrement : B. Lacarrière.

Maxime Piton « Intensification des transferts d'énergie et de chaleur en centrale d'enrobage », début 1/10/12. Directeur de thèse : O. Le Corre, B. Cazacliu (IFSTTAR) et F. Huchet (IFSTTAR)

Asma Rzigue « Influence de l'usure des revêtements des moules de cuisson sur les propriétés du pain de mie », début 14/10/12. Projet ANR SATIN. Directeur de thèse : A. LeBail Co-encadrement : J-Y Monteau, V. Jury.

Mouloud Tizzaoui « Caractérisation et formulation de carburant innovant à partir de résidus d'hydrocarbures pour une utilisation en moteurs à combustion interne. » début 1/03/13 ; co-tutelle EMN/ENSET Oran. Directeur de thèse : M. Tazerout.

Gina Villamonte « Optimisation et analyse du cycle de vie d'un procédé innovant de texturation par hautes pressions. » début 1/10/11. Financement : allocation régionale Pays de la Loire. Directeur de thèse : M. de Lamballerie, co-encadrement : V. Jury. Thèse commune avec l'axe « MAPS ».

Nadia Jamali Zghal « Emergie et gisements finis. » début 1/09/11. Financement : allocation Ecole des Mines / contrat industriel. Directeur de thèse : O. Le Corre. Co-encadrant : B. Lacarrière.

Problématique scientifique

L'axe de recherche Ingénierie de l'Énergie, créé en 2008, porte sur l'optimisation des systèmes énergétiques en interaction avec leur environnement tant sur le plan de la maîtrise de la consommation que de la maîtrise des effluents. Il permet de combiner plusieurs aspects importants de la production, consommation et de la gestion de l'énergie. Différentes échelles sont associées pour combiner des solutions centralisées et des solutions décentralisées (locales, sur un territoire, voire individuelles) portant à la fois sur la demande d'énergie, l'efficacité de sa conversion finale et l'intégration de nouvelles sources d'énergie. La production d'énergie propre suppose la mise au point de systèmes nouveaux ou l'amélioration et l'optimisation du fonctionnement de ceux déjà existants. De plus, la destruction « intelligente » des déchets permet d'assurer la protection de l'environnement, en produisant de l'énergie.

Cet axe de recherche se décline en 3 principales thématiques :

- la valorisation énergétique des résidus,
- l'intensification des transferts dans les procédés,
- les stratégies d'utilisation de l'énergie :
 - dans les procédés alimentaires,
 - à l'échelle du territoire.

De plus, nous développons des outils et méthodologies permettant une analyse énergétique et/ou environnementale des systèmes. Les domaines d'application concernent les thématiques citées ci-dessus.

1- Procédés de valorisation énergétique des résidus

Cette thématique a pour objectif, d'une part, la formulation ou la production de biocarburants/biocombustibles et, d'autre part, l'optimisation des rendements des installations productrices et/ou consommatrices d'énergie.

Elle est centrée sur la valorisation énergétique des résidus solides ou liquides. Les technologies mises en œuvre peuvent avoir un impact très important sur le secteur du traitement et de la destruction de certains déchets industriels et organiques. Sont particulièrement concernés :

- les déchets de l'industrie agroalimentaire (plusieurs centaines de milliers de tonnes/an),
- les déchets de bois maritimes souillés par pollution accidentelle (type "marée noire")
- les déchets de bois flottant (de l'ordre de 100 000 tonnes par an sur les côtes de l'ouest de la France),
- Les déchets des matériaux composites,
- Les boues de stations d'épuration d'eau,
- Les résidus de l'industrie agroalimentaire,
- Les résidus de l'industrie pétrolière,
- Les biogaz.

Les technologies explorées sont la pyrolyse, la gazéification et la solvolysse (figure IEnerg-1).



Figure IEng-1 : Du traitement du résidu à la formulation du biocarburant

Pyrolyse

La pyrolyse est un procédé de conversion thermo-chimique qui permet de dégrader la matière carbonée en trois phases dont l'importance relative dépend des conditions opératoires et de la nature du déchet traité : une fraction gazeuse non condensable (le syngas), une fraction condensable (l'huile pyrolytique) et un résidu solide (le char). Une approche prometteuse est la production d'un produit liquide qui peut être utilisé dans les installations énergétiques existantes. L'intérêt majeur de cette technique est que ses produits sont hautement valorisables. L'association par exemple de la pyrolyse en four tournant et de la gazéification permet d'obtenir du gaz de synthèse, mélange de CO et H₂, pouvant servir de matière première à un très large éventail de synthèses de chimie organique.

D'autres gaz issus de la pyrolyse peuvent servir de combustible pour alimenter en énergie le système, ou fabriquer de la vapeur pour la production d'électricité. Les déchets huileux sont valorisables en combustibles pouvant alimenter les moteurs stationnaires. Les études menées portent sur l'optimisation des conditions opératoires de pyrolyse au regard de la composition des matériaux précurseurs (déchets), de la composition des gaz émis et des résidus solides de la pyrolyse.

Nous caractérisons et formulons les carburants innovants à partir de résidus pour une utilisation en moteurs à combustion interne. Le travail de recherche consiste à lever les verrous techniques et scientifiques à travers les étapes suivantes :

- Caractérisation physico-chimique des résidus d'hydrocarbures,
- Mise en place d'un procédé pour la formulation d'un carburant et caractérisation,
- Adaptation du carburant au moteur, étude des performances énergétique & environnementale,
- Modélisation « thermodynamique » de la combustion du nouveau carburant dans le moteur (figure IEng-2).

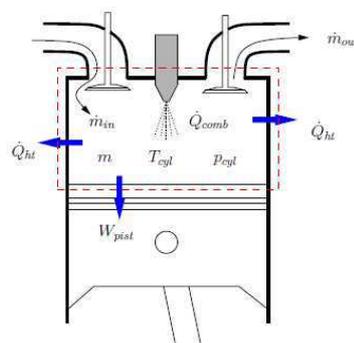


Figure IEng-2 : Modèle prédictif à une zone du moteur à combustion (TH Tarabet, 2012).

En ce qui concerne les déchets solides, il sera mené des études du procédé de pyrolyse pour le recyclage de matériaux composites à matrice organique modèle. L'enjeu scientifique de ce travail portera principalement sur l'étude des mécanismes et des cinétiques de dégradation en fonction : des conditions thermodynamiques et chimiques (pression, température, réactifs additionnels, nature du solvant...), des paramètres liés aux procédés de pyrolyse (facteur d'échelle, dimension caractéristique des granulats de matériau), et de la composition du matériau précurseur. Les enjeux technologiques et économiques concernent la mise au point d'un (de) procédé(s) optimal(aux) de recyclage de matériaux composites qui permettent l'obtention de produits de qualité constante.

Le char représente entre 15 et 30% en masse du déchet initial et 25% de l'énergie exploitable. Il peut être valorisé au travers un panel d'usages tels que combustible, adsorbant ou adjuvant pour sol. Il peut être utilisé comme combustible uniquement si son potentiel polluant (teneur en éléments inorganiques, présence de métaux lourds, etc.) est faible et si sa fraction de cendres est limitée. Dans le cadre d'un projet Ademe, il s'agira d'étudier les propriétés physico-chimiques des chars de pyrolyse obtenus pour différentes biomasses et des conditions expérimentales variables afin d'en déterminer les spécificités. Suivant les caractéristiques physico-chimiques des chars obtenus, les voies de valorisation seront explorées (Thèse A. Missaoui).

Gazéification

La gazéification est une alternative intéressante à l'utilisation de l'énergie fossile. Elle permet la transformation thermochimique de la biomasse solide directement en gaz combustible valorisable dans les moteurs à combustion interne. L'installation de petites unités locales et même déplaçables pour valoriser le résidu à l'endroit où il est produit permet l'optimisation du bilan énergétique. Le résidu est une ressource dont le contenu énergétique est faible. Il ne faut donc pas envisager de le transporter. Il doit être valorisé localement par des installations de faibles puissances pour lesquelles le gazogène couplé à un moteur se prête bien.

L'activité scientifique consiste en une connaissance fine des caractéristiques thermiques du processus de gazéification et en une meilleure compréhension du processus thermochimique. Les résidus secs combustibles (déchets de scieries, paille ...) représentent un potentiel énergétique intéressant. Les procédés de gazéification étagés à lit fixe sont bien adaptés aux petites puissances, de part leur simplicité ou leur performance (Figure IEnergy-3). Dans le cadre d'un partenariat avec le CIRAD (Centre de coopération International de Recherche Agronomique et de Développement) une thèse est concernée la pyrolyse oxydante à l'échelle de la particule et à l'échelle du réacteur (Thèse E. Daouk). L'objectif est une meilleure connaissance des mécanismes de transferts de masse et de chaleur au sein d'un lit fixe réactifs de solides divisés.

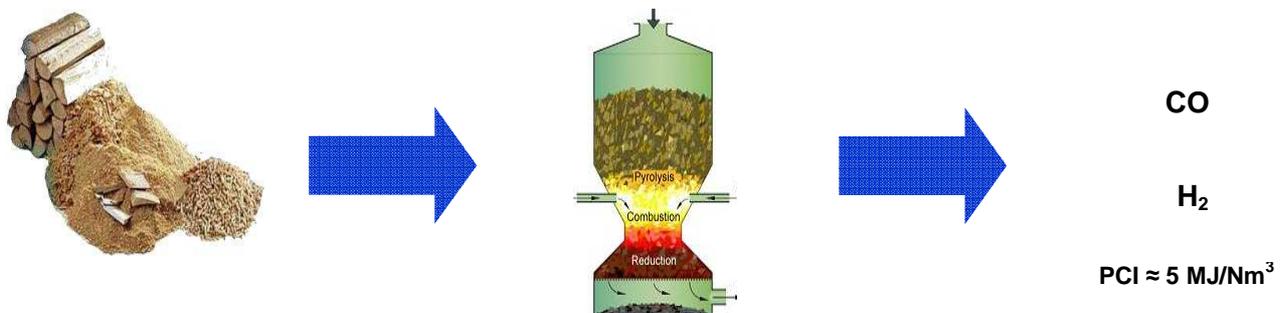


Figure IEnergy-3 : Procédé de gazéification en lit fixe, xyloWatt copyright.

Solvolyse

La solvolyse un procédé de liquéfaction du résidu permettant d'obtenir un liquide riche en hydrocarbures, pour qu'il soit valorisable comme carburant. Le procédé permet une dissolution complète de la matière organique dans un solvant organique, dans des conditions de température et de pression déterminées. L'huile obtenue devrait être traitée dans une seconde étape dite de raffinage afin d'en améliorer les propriétés. L'étape de raffinage consiste en un hydrotraitement catalytique permettant de réduire le taux d'oxygène ainsi que la viscosité de l'huile de solvolyse pour obtenir une huile riche en composés aromatiques et utilisable comme carburant.

2- Intensification des transferts, écoulement diphasique

Application des microsystèmes à la formation d'émulsion pour l'amélioration de la combustion

La miniaturisation des équipements industriels apporte un gain de compacité, une meilleure définition des produits et une intensification des transferts. L'utilisation de ces systèmes répond aussi à une conception multi-échelles des installations puisque une partie clé du procédé uniquement peut être miniaturisée. Différents systèmes ont fait l'objet d'investigations dont un réseau de canaux millimétriques croisés et des systèmes composés de deux canaux croisés [ACT2 2012, ACT1 2013]. Depuis 2008, nos travaux se sont orientés sur l'application des microcanaux en croix pour la production d'émulsions en ligne. Un objectif à la réalisation d'émulsions de type eau dans huile est l'amélioration de la combustion par ajout d'une faible quantité d'eau au carburant. Des travaux ont montré que l'eau doit être dispersée sous forme de gouttelettes ayant idéalement un diamètre moyen de 5 à 10 μm . Le phénomène de microexplosion favorise une combustion à plus faible température qu'en présence de diesel pur. L'un des bénéfices de la microexplosion est la réduction de la teneur en NOx ainsi qu'en suies. La maintenance des chaudières est améliorée du fait de la réduction des dépôts.

Des études sont menées au sein de l'axe depuis juin 2010 sur l'application des microcanaux croisés pour la production d'émulsion « eau dans huile » ; en particulier le financement d'une thèse (Arab Belkadi) a été obtenu dans le cadre du projet régional PERLE2 dédié à des applications dans le domaine de l'énergie. Le travail mené est essentiellement expérimental afin de permettre d'explorer les moyens d'amélioration de l'obtention d'une émulsion eau/huile pour la combustion des combustibles huileux alternatifs au gasoil. La réduction des chutes de pression est une préoccupation qui nécessite d'une part la détermination de la longueur efficace des canaux et d'autre part la prise en compte de l'effet de la géométrie des canaux, cette dernière a d'ailleurs une influence sur la granulométrie de l'émulsion formée. A cet effet, plusieurs géométries sont étudiées et différents prototypes ont été conçus. La visualisation directe de l'écoulement par caméra rapide révèle des structures d'écoulement variées et inattendues, en cours d'analyse. Cette visualisation est couplée à la méthode d'extinction laser mise en place avec la collaboration du Professeur Massoli (Institut de Motorisation de Naples, Italie).

Parallèlement, de nombreux essais de production sont menés à l'aide des différents microsystèmes afin de quantifier l'influence de la géométrie et des conditions de fonctionnement (en T ou en croix) sur la qualité de l'émulsion produite (figure IEnerg-4). Une masse importante d'information a été collectée et son traitement sous forme adimensionnelle est en cours.

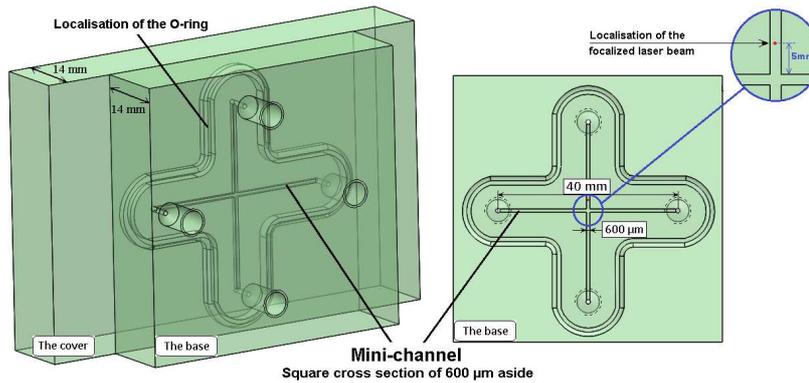


Figure IEng-4 : Exemple de microsysteme utilisé.

Ecoulement d'un coulis de glace pour la production frigorifique

De nombreux travaux ont été réalisés dans le laboratoire sur les phénomènes d'écoulement de produits visqueux complexes, et notamment avec changement de phase. Après les crèmes glacées, ce sont les coulis de glace en tant que fluide frigoporteur qui ont retenu notre attention. Un partenariat a été mis en place dans le cadre du programme régional PERLE2 avec le LTN sur l'étude thermique et hydrodynamique d'un coulis de glace (Thèse D. Edelin). Afin d'avoir une meilleure compréhension des mécanismes, le choix a été fait de découpler les aspects thermique et hydrodynamique. La première partie de cette thèse a consisté à mettre en place un banc d'essai permettant de visualiser l'écoulement d'un fluide chargé en particules modèles (dont les caractéristiques sont de l'ordre de celles de la glace), en isotherme. En fonction du débit de circulation du fluide, un phénomène de stratification apparaît, avec un phénomène de type dunaire (figure IEng-5). Ce phénomène, longuement étudié pour des particules sédimentaires, n'a pour l'instant été que très peu mis en évidence pour les particules en suspension comme la glace. L'objectif étant d'utiliser la chaleur de fusion de la glace comme source frigorifique, il est indispensable d'optimiser l'écoulement, d'une part afin de garantir le déplacement de cette glace, et d'autre part de minimiser l'énergie mécanique suffisante pour ce déplacement.

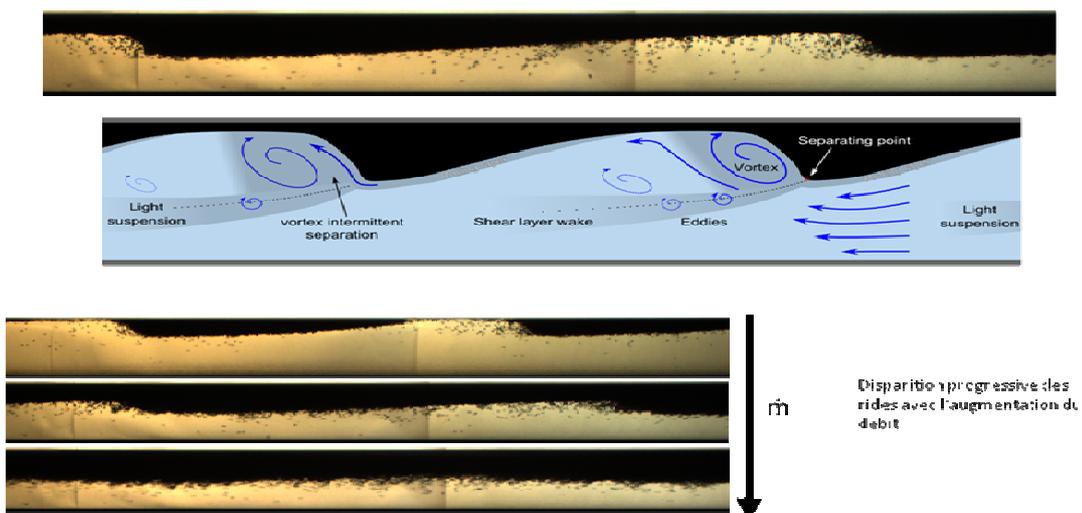


Figure IEng-5 : Ecoulement particulaire.

3- Stratégie d'utilisation de l'énergie dans les procédés alimentaires

L'efficacité énergétique constitue aujourd'hui un des enjeux prioritaires pour le secteur agroalimentaire. Celui-ci est désormais prêt à investir dans des procédés innovants et est ouvert à des solutions de rupture technologique. Dans ce contexte, nous nous intéressons aux traitements thermiques et frigorifiques de produits alimentaires. Nous visons à :

- développer de nouveaux procédés multiénergies,
- élaborer de nouvelles stratégies pour adapter les sources aux besoins.

Pour atteindre ces objectifs, nous poursuivons nos investigations sur des technologies ciblées pour lesquelles nous avons démontré nos compétences, comme les micro-ondes ou l'électrohydrodynamique. Il s'agit d'obtenir des produits alimentaires de qualités égales ou supérieures à ceux fabriqués par les techniques conventionnelles.

Notre démarche scientifique s'appuie sur la modélisation fine des phénomènes physiques, la conception de bancs expérimentaux et de démonstrateurs et le développement de simulateurs validant nos stratégies.

Procédés multiénergies - Stratégies de contrôle

Le projet ANR BRAISE (2008-2012) vient de s'achever, il visait à améliorer l'efficacité énergétique de la cuisson du pain artisanal grâce à l'utilisation et le couplage de plusieurs sources d'énergie. En partenariat avec le LIMATB, un modèle cinétique complet de la cuisson du pain a ainsi été développé. Intégrant différentes sources de cuisson, les effets de la sole ou encore l'influence de l'humidité dans le four, ce modèle permet de simuler les températures, teneurs en eau, pression et modification du volume au cours de la cuisson [TH Nicolas, 2012]. Le temps de calcul lié à un tel modèle, plus dédié à la compréhension de la physique du problème, interdit toutefois son intégration dans une procédure d'optimisation multicritère de la cuisson. Un modèle mécanistique réduit alors été développé en collaboration avec le GIPSA. Il permet de prédire en quelques millisecondes l'évolution des températures et teneurs en eau lors d'un cycle de cuisson (figure I-Energ-6). Couplé à un algorithme de commande, ce modèle permet une poursuite de trajectoire de cuisson tout en optimisant l'énergie consommée par les différentes sources [ACL2, 2013]. Ces études théoriques sur les modèles ont été couplées à des études expérimentales portant sur l'influence des différents vecteurs énergétiques sur la qualité du pain. Ainsi, parmi les différents prototypes développés, un four à jets impactant a été mis au point par notre équipe, puis soumis à de nombreux tests de cuisson. L'instrumentation complète du dispositif (consommations énergétiques, températures) associée à des évaluations fines de la qualité des produits obtenus (en association avec l'INRA de Nantes) a permis de montrer que les températures et les temps de cuisson pouvaient être réduits, entraînant une réduction significative de la consommation énergétique [ACT 14].

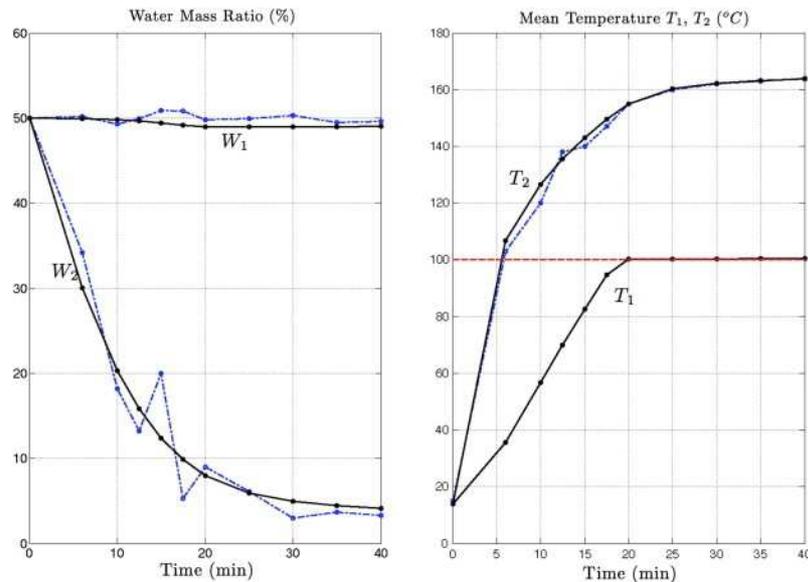


Figure IEnergy-6 : validation du modèle réduit pour l'optimisation et le contrôle du procédé (Teneur en eau W et température T à cœur (1) et en surface (2))

D'autres travaux sur l'amélioration des transferts sont réalisés au sein du projet ANR SATIN (2012-2015). Ce projet vise à développer des systèmes de cuisson innovants permettant de réduire la température de cuisson et la consommation d'énergie pour la cuisson de pain de mie en moule. Une des pistes étudiées est l'impact de l'état de surface des moules sur les transferts de chaleur (thèse en cours A. Rzigue).

Un des freins principaux aux transferts de matière et chaleur dans les procédés conventionnels (congélation, décongélation, cuisson, séchage, ...) et dans des procédés plus spécifiques (cryogénie) concerne les phénomènes convectifs entre le gaz (air généralement) et le produit. Pour accroître ces échanges convectifs, nous étudions une méthode active basée sur l'application d'un champ électrique générant un vent ionique par décharge couronne. L'évaluation énergétique de cette intensification est en cours sur un procédé de séchage (Thèse M. Hamdi).

Ces travaux sur le développement de procédés multi-énergies se basent sur la modélisation de phénomènes multi-physiques avec des transferts couplés de masse et de chaleur, de la dynamique des fluides et de l'électromagnétisme. Une des difficultés réside dans la connaissance des propriétés physiques des produits et leur variabilité. Si nous avons développé des méthodes de mesures de propriétés intrinsèques, nous mettons également en œuvre des méthodologies type 'méthodes inverses' pour déterminer, par exemple, la diffusivité massique de l'eau dans une matrice alimentaire en fonction de la température et de la teneur en eau.

L'expérience dans ce domaine nous a incités à élargir le champ d'application des micro-ondes au procédé de pasteurisation de produits solides avec prise en compte de la destruction microbienne (Voir Zoom présenté par S. Curet-Ploquin).

Un des challenges des procédés multi-énergies réside dans la gestion des sources énergétiques au cours du temps. Les procédés étudiés mettent ainsi en œuvre plusieurs variables d'entrée et doivent répondre à des objectifs multi-critères basés sur l'énergie, l'exergie, la qualité ou encore le temps de séjour. Il est nécessaire de mettre en place des algorithmes d'optimisation, puis d'utiliser des lois de commande non linéaires multivariées pour envisager un contrôle optimal de ces procédés.

4- Stratégie d'utilisation de l'énergie à l'échelle du territoire

En complément des travaux menés à l'échelle des procédés et des technologies, l'axe « Ingénierie de l'Energie » s'intéresse aux systèmes énergétiques à une échelle plus vaste. La thématique SEDET (Systèmes Energétiques Durables et Territoires) est ainsi consacrée à l'étude et à la modélisation des systèmes énergétiques aux échelles territoriale et urbaine. Les composants majeurs des systèmes énergétiques locaux sont étudiés : demande d'énergie finale, actions sur la demande, moyens de production et réseaux énergétiques locaux. Les systèmes sont analysés selon différentes dimensions technico-économiques (bilans énergétiques, coûts, impacts environnementaux), en intégrant dans certains cas les interactions avec les jeux d'acteurs. A côté d'approches classiques par modélisation, d'autres approches sont développées pour l'évaluation « *a posteriori* ».

Par ailleurs, les systèmes de production et de distribution d'énergie à l'échelle territoriale, sont également traités (réseaux de chaleur multi-énergies ; valorisation énergétique d'effluents agricoles) sous l'angle de la modélisation système essentiellement, en explorant des modèles supportés par un système d'information géographique, en relation avec d'autres équipes du laboratoire plus portées sur l'analyse fine des procédés, au sein de l'axe Energie et de l'axe Environnement.

Une partie des travaux autour de cette thématique, de par leur dimension pluridisciplinaire, est le support de collaborations avec d'autres laboratoires dans le cadre de l'IRSTV (Institut de Recherche en Sciences et Techniques de la Ville, FR CNRS 2488), durables ») sur l'évaluation interdisciplinaire des impacts environnementaux des actions sur la mobilité urbaine et de leurs conséquences socio-économiques.

Le programme SELECT+ de l'année 2012 (décrit ci-après en faits marquants) porte sur les bâtiments basse consommation. Ainsi, S. Paudel s'intéresse à la prédiction du besoin de chaleur de ces bâtiments en utilisant une description à base de réseaux neuronaux (figure IEnerg-7), sa mobilité s'organise entre TU/e (Pays-Bas), VERI (centre de recherche de VEOLIA).

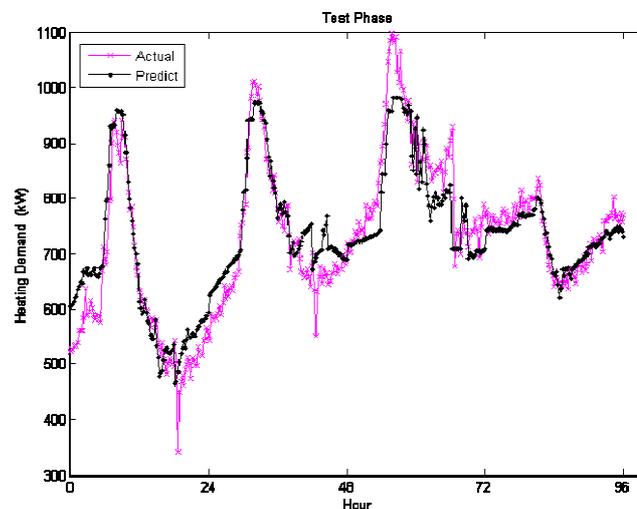


Figure IEnerg-7 : Besoin de chaleur mesuré (en rose) et prédit (en noir) pour le bâtiment Mines Nantes à l'aide d'un réseau de neurones avec une pseudo-dynamique.

5- Analyse énergétique et/ou environnemental des systèmes

Nos méthodologies d'optimisation énergétique des systèmes peuvent s'appliquer à divers secteurs d'activité. La thèse de M. Piton, dirigée par B. Cazacliu assisté par F. Huchet, s'intègre dans le partenariat entre l'IFSTTAR et le GEPEA. Elle s'intéresse à la récupération de l'énergie fatale sur des fours tournants utilisés pour fabriquer des enrobés bitumineux (figure IEnerg-8). Une approche duale (modélisation, expérimentale) est développée. Un premier modèle thermodynamique a permis de valider les choix techniques : un banc d'essais

a été défini et est en cours de réalisation. Une approche plus locale est attendue pour l'année prochaine.

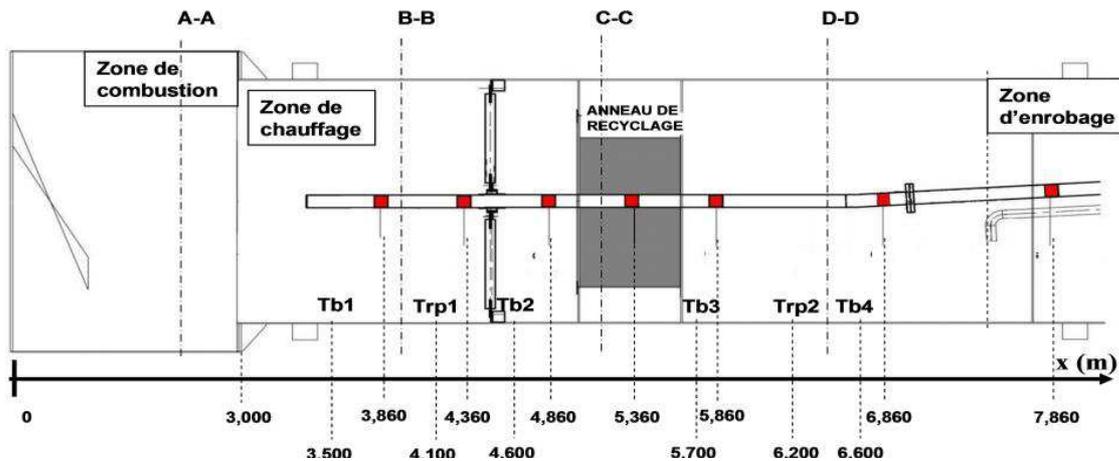


Figure IEnerg-8 : Vue d'ensemble d'une centrale d'enrobage dite « chaude »

Les thématiques ci-dessus nécessitent le développement de méthodologies génériques pour analyser la pertinence des solutions envisagées du point de vue énergétique mais également environnemental. Parmi les outils transversaux, nous avons sélectionné l'Analyse du Cycle de Vie (ACV), désormais bien reconnu par la communauté scientifique, et l'analyse émergétique, concept innovant. L'empreinte énergétique, connue sous le néologisme éMergie, connaît un essor scientifique de plus en plus important. Cette approche fait partie des méthodologies quantifiant l'impact d'un produit ou d'un service sur l'environnement (à l'instar de l'analyse du cycle de vie). La thèse de N. Jamali-Zghal porte notamment sur une passerelle originale entre l'approche exergétique des minéraux, définie par le Prof. Szargut (Gliwice, Pologne) et le Prof. Valero (Zaragoza, Espagne) et l'éMergie, définie par le Prof. Odum (Université de Floride, USA), ceci pour prendre en compte l'épuisement mondial des minéraux. Un travail additionnel sur l'impact de cet épuisement sur la pertinence du recyclage est aussi abordé.

Analyse du Cycle de Vie

Si la diminution des consommations énergétiques demeure au cœur de notre démarche, nous intégrons des critères liés à la qualité des produits traités et des critères prenant en compte les aspects environnementaux. Le développement de procédés innovants doit être complété par une analyse environnementale (et pas uniquement une analyse énergétique) afin de s'assurer qu'il n'y a pas de transferts de pollution d'une catégorie d'impact à une autre (consommation énergétique, gaz à effet de serre, consommation d'eau, ...). Un des domaines d'application concerne la technologie haute-pression sur les produits carnés. Elle est présentée comme étant moins énergivore que les procédés classiques. Cette technologie ne conduit cependant pas au même produit final (ex : DLC plus ou moins longue, propriétés organoleptiques différentes). En collaboration avec l'axe MAPS, une étude sur l'ACV de ce procédé est en cours, prenant en compte les particularités des produits alimentaires et des procédés impliqués (thèse G. Villamonte).

Axe Ingénierie de l'Energie : Faits marquants 2012-2013

- Plateforme PREVER

La plateforme (700 m²) pour la recherche et l'étude pour la valorisation énergétique des résidus (PREVER) est construite et commence à accueillir les équipements nécessaires au développement de solutions de valorisation de déchets (liquides graisseux, plastiques, bois) par des procédés de gazéification, de pyrolyse ou de solvololyse, pour alimenter localement des installations fixes.

Projets nationaux, européens, internationaux

- Projet SELECT + :

L'union européenne soutient la coopération d'universités européennes au niveau doctoral dans un programme générique intitulé Erasmus Mundus Joint Doctorate. Coordonné KTH (Suède), 8 institutions académiques (pour la France, Ecole des Mines de Nantes) et 3 partenaires industriels se sont réunis autour d'un thème « avenir des systèmes énergétiques durables » et forment le premier cercle du programme, intitulé SELECT+. De nombreuses originalités ont permis d'obtenir le financement européen, notamment le "project of the year" correspondant à 9 thèses portant autour d'un même thème. B. Lacarrière est membre du comité de direction de SELECT+ et O. Le Corre est membre du comité en charge du suivi de la qualité des thèses.

Accueil de chercheurs étrangers

- Yahia LASBET, enseignant-chercheur à l'Université de Djelfa, Algérie, 1-31 mars 'Etude du mélange air/biogaz dans les moteurs dual fuel par advection chaotique
- Ammar BEN BRAHIM, professeur à l'Ecole Nationale d'Ingénieurs de Gabès, Tunisie, 8 - 15 octobre 2012.
- Cristina CIOBANU, enseignant-chercheur à l'Ecole Polytechnique de Bucarest, Roumanie, 1 octobre - 31 décembre 2012 'Biocarburants et les moteurs à combustion interne'.
- Dans le cadre des masters ME3/PM3E, accueils de :
 - Abdelkrim LIAZID, professeur, directeur du laboratoire LTE à l'Ecole Normale Supérieure de l'Enseignement Technique, Oran, Algérie, du 3-7 décembre 2012
 - Mukesh KHARE, professeur à Indian Institute of Technology, New Delhi (Inde), 27-31 mai 2013.
 - Otto STEIN, professeur à Montana State University (USA), 27 mai-7 juin 2013.
 - Gabriela DOTRO, Cranfield University, Cranfield (UK), 28-31 mai 2013.
 - Babu ALAPPAT, professeur à Indian Institute of Technology, New Delhi (Inde), 14-21 juin 2013.

Organisations de colloques de portée nationale/internationale

- Organisation (L. Le Coq, J. Legrand, D. Briand), Séminaire annuel du Laboratoire International Associé (LIA) Franco-Chinois "**Laboratoire pour l'Energie Durable**". 18-19-20 juin 2012 à Nantes.
- Membres (L.Fouillé, B.Bourges) du comité scientifique et d'organisation du **Séminaire final de restitution du programme ANR Eval-PDU : Évaluation environnementale des plans de déplacements urbains**, Nantes, France, 26-27-28 juin 2012. (5 présentations orales).

Partenariats industriels

- Projet Cryomass 2, SOL Company (Italy), 2012 : 'Transferts de matière lors de la congélation cryogénique'
- Projet Angèle, Bureau national Interprofessionnel du Pruneau, 2012 : 'Efficacité énergétique des procédés de séchage de prunes d'Ente'
- Collaboration avec l'industriel LAITA de membres de l'axe Ingénierie de l'Energie (ONIRIS et EMN) concernant l'élaboration d'un plan de réduction de l'empreinte énergétique de la laiterie du Val d'Ancenis.

Zoom sur :

Optimisation énergétique du procédé de pasteurisation micro-ondes.

Par Sébastien CURET PLOQUIN

Sébastien Curet-Ploquin
Maître de Conférences
GEPEA - UMR 6144 CNRS
ONIRIS - site de la Géraudière
sebastien.curet@oniris-nantes.fr

Depuis plusieurs décennies, les traitements thermiques par micro-ondes sont largement utilisés à la fois pour des applications domestiques et industrielles. Le principal avantage de cette énergie décarbonée réside dans sa souplesse d'utilisation et sa faible inertie thermique. Il est ainsi possible de piloter le système et d'améliorer entre autre l'efficacité énergétique. Malgré tout, un inconvénient majeur de ces types de traitement réside dans l'hétérogénéité de température au sein du produit traité, ce qui limite souvent le déploiement industriel de cette technologie. D'un point de vue industriel, les traitements thermiques micro-ondes sont réalisés selon un processus continu. Les produits sont généralement placés sur un convoyeur de vitesse réglable et sont soumis à une série de générateurs micro-ondes de puissance variable répartis au sein de divers compartiments.

Dans cette étude, il est proposé d'optimiser le procédé de cuisson/pasteurisation de steaks hachés fortement contaminés en utilisant un convoyeur micro-ondes composé de 5 compartiments. Dans cette configuration, 12 produits sont traités par compartiment avec un temps de séjour moyen de 48 secondes par compartiment. Une méthodologie basée sur un modèle numérique est proposée pour conduire à un réglage optimal des générateurs micro-ondes tout en assurant la qualité microbiologique des produits et en limitant les phénomènes d'emballement thermique. Le modèle consiste à minimiser une formulation multicritère qui a pour objectif d'une part de limiter les gradients thermiques entre points chauds et points froids au sein du produit et d'autre part d'assurer une désactivation cible des micro-organismes dans le produit en sortie de procédé. Le modèle de simulation se compose d'une réduction de l'équation de la chaleur par l'intermédiaire d'un schéma en volumes finis avec un terme source déduit des solutions aux équations de Maxwell sous forme fermée. L'inactivation non-isotherme en conditions dynamiques est quant à elle décrite par le modèle de Geeraerd.

Différents scénarios représentant l'histoire thermique du produit au cours du traitement sont proposés afin d'évaluer les performances du procédé de pasteurisation. L'intérêt d'une montée en température dans les trois premiers compartiments et d'un maintien autour d'une température cible dans les deux derniers est discutée. L'énergie spécifique consommée au cours du procédé est aussi évaluée en fonction de l'histoire thermique du produit et de ses caractéristiques géométriques.

Un tel modèle prévisionnel permet donc de faciliter le pilotage du procédé industriel et peut servir d'outil d'aide à la décision pour une chaîne de production.

Production scientifique
Axe Ingénierie de l'Energie
Période de référence : 2012-2013

**ACL : Articles dans des revues internationales ou nationales avec comité de lecture
répertoriées**

2012

1. Abed, I., Paraschiv M., Loubar K., Zagrouba, F., Tazerout M., 2012, 'Thermogravimetric investigation and thermal conversion kinetics of typical north-african and middle-eastern lignocellulosic waste', *BioResources*, 7(1), pp.1200 – 1220.
2. Ait Mouheb N., Malsch D., Montillet A., Sollicc C., Henkel T., 2012, 'Numerical and experimental investigations of mixing in T-shaped and cross shaped micromixers' *Chemical Engineering Science*, 68, n°1, 278-289, 2012.
3. Amponsah N.Y., Lacarrière B., Jamali-Zghal N., Le Corre O., 2012, Impact of building material recycle or reuse on selected energy ratios. *Resources, Conservation and Recycling*, Volume 67, pp 9-17
4. Berrich E., Aloui F., Legrand J., 2012, Inverse method used for the determination of the wall shear rate in a parallel plate disks using sandwich probes, *Journal of Fluids Engineering*, ISSN: 0098-2202
5. Bousbaa H., Awad S., Tazerout M., Liazid A., Investigations on a Compression Ignition Engine Using Animal Fats and Vegetable Oil as Fuels *J. Energy Resour. Technol.* -- June 2012 - Volume 134, Issue 2, 022202 (11 pages)
6. Damour C., Benne M., Boillereaux L., Grondin-Perez B. and Chabriat J.P., 'Energy Efficiency Improvement of an Industrial Crystallization Process Using Linearizing Control' *Journal of Crystallization Process and Technology*, Vol. 2 No. 2, 2012, pp. 44-54.
7. Damour C., Hamdi M., Josset C., Auvity B., Boillereaux L., 2012. Energetic analysis and optimization of a food defrosting system, *Energy*, Vol. 37(1), pp 562-570.
8. Della Valle G., Chiron H., Jury V., Raitière M., Réguerre A-L. 'Kinetics of crust formation during conventional French bread baking.' *Journal of Cereal Science*, 2012
9. Fouillé L., Broc J.S., Bourges B., Bougnol J., Mestayer P., 2012, La place des modèles de trafic dans les récentes modélisations des impacts environnementaux des transports : Importance de l'explicitation des méthodes et hypothèses. The role of travel demand models in recent modelings of environmental impacts of transport : Importance of the explicitation of methods and hypotheses. *Recherche Transports Sécurité*.
10. Garcia Sanchez D., Lacarrière B., Musy M., Bourges B., 2012, Application of sensitivity analysis in building energy simulations: combining first- and second-order elementary effects methods. *Energy and Buildings*, submitted March 2012, accepted for publication September 21st 2012.
11. Gheith R., Aloui F., Ben Nasrallah S., 2012, Study of the regenerator constituting material influence on a Gamma type Stirling engine, *Journal of Mechanical Science and Technology*. ISSN: 1738-494X
12. Hamza B., Awad S., Tazerout M., Abdelkrim L., 2012. Investigations on a Compression Ignition Engine Using Animal Fats and Vegetable Oil as Fuels *J. Energy Resour. Technol.* - June 2012 - Volume 134, Issue 2, 022202 (11 pages).
13. Kinata, S. E., Loubar, K., Paraschiv M., Belloncle C., Tazerout M. 2012 'Combination of pyrolysis and hydroliquefaction of CCB-treated wood for energy recovery: optimization and products characterization', *Bioresource Technology* –N° 118 pp 315–322.

14. Kinata S.E., Loubar K., Bouslamti A., Belloncle C., Tazerout M., 2012, Influence of impregnation method on metal retention of CCB - treated wood in slow pyrolysis process, *Journal of Hazardous Materials*, 233-234, p.172-176.
15. Le Corre O., Saikaly K., Rosen M.A., 2012, Effects on CHP plant efficiency of H₂ production through partial oxydation of natural gas over two group VIII metal catalysts, *International Journal of Hydrogen Energy*, 37(13):10380-10389.
16. Le Corre O., Truffet L., 2012, Exact computation of emergy based on a mathematical reinterpretation of the rules of emergy algebra, *Ecological Modelling*, 230:101-113.
17. Le Corre O., Broc J., Dincer, I., 2012, Energetic and exergetic assessment of renewable energy potential in Europe. *International Journal of Exergy*, accepted 26 September 2012.
18. Le Corre O., Truffet L., 2012, A rigorous mathematical framework for computing a sustainability ratio: the emergy, *Journal of Environmental Informatics* Vol. 20. N°74
19. Mrad N., Paraschiv M., Aloui F., Varuvel E.G., Tazerout M., Ben Nasrallah S., 2012, Liquid Hydrocarbon Fuels from Fish Oil Industrial Residues by Catalytic Cracking, *Int. Journal of Energy Research*, ISSN: 1099-114X. Doi : 10.1002/er.2906.
20. Mrad N., Varuvel E.G., Tazerout M., Aloui F., 2012. Effects of Biofuel from Fish Oil Industrial Residue – Diesel Blends on Diesel Engine. *International Journal of Energy*, N° 44, pp 955-963.
21. Mura E., Josset C., Loubar K., Bellettre J., Massoli P., 2012, Experimental Study of the water in oil emulsions features by differential scanning calorimetry analysis, *Applied Energy* 97 (2012) 834–840.
22. Mura E., Massoli P., Josset C., Loubar K., Bellettre J., 2012, Study of the micro-explosion temperature of water in oil emulsion droplets during the Leidenfrost effect, *Experimental Thermal and Fluid Science*. Vol 43 pp63-70.
23. Prata A.S., Maudhuit A., Boillereaux L. and Poncelet D. 'Development of a control system to anticipate agglomeration in fluidised bed coating'. *Powder Technology*, Vol. 224, pp 168-174, 2012
24. Tarabet L., Loubar K., Lounici M. S., Hanchi S. and Tazerout M., 2012, Eucalyptus biodiesel as an alternative to diesel fuel: preparation and tests on DI diesel engine. *Journal of Biomedecine and Biotechnology*. Volume 2012, Article ID 235485, 8 pages.
25. Thomas S., Boonekamp P., Vreuls H., Broc J.-S., Bosseboeuf D., Lapillonne B., Labanca N., 2012, How to measure the overall energy savings linked to policies and energy services at the national level? *Energy Efficiency*, 5: 1, 19-35.
26. Varuvel E.G., Mrad N., Tazerout M., Aloui F., 2012, 'Experimental analysis of biofuel as an alternative fuel for diesel engines', *Journal of Applied Energy*, Vol.94 224–231

2013

1. Ait Mouheb N., Montillet A., Sollic C., Legentilhomme P., Comiti J. 2013. Diagnostic of flow disturbances in a cross-shaped micromixer using wall electrochemical probes. *Experimental thermal and fluid science*, N°46, p. 20-28.
2. Alamir M., Witrant E., Della Valle G., Rouaud O., Boillereaux L., 2013. Estimation of energy saving thanks to a reduced-model-based approach: Example of bread baking by jet impingement. *Energy*, N°53, p. 74-82.
3. Awad S., Paraschiv M., Varuvel E., Tazerout M., 2013, Optimization of biodiesel production from animal fat residue in wastewater using response surface methodology, *Bioresource technology*. Vol. 129, pp 315–320.
4. Awad S., Varuvel E., Loubar K., Tazerout M., 2013, Single zone combustion modeling of biodiesel from wastes in diesel engine, *Fuel*. Vol 106, pp. 558–568.
5. Belkadi A., Tarlet D., Montillet A., Bellettre J., Massoli P., 2013. Optical diagnostics for W/O emulsification within impinging flow and right angle mini-channel. *La Houille Blanche*, N°2, p.52-59.

6. Berrich E., Aloui F., Legrand J., 2013. Experimental validation and critical analysis of inverse method in mass transfer using electrochemical sensor *Experimental Thermal and Fluid Science*, Volume 44, p. 253-263.
7. Berrich E., Aloui F., Legrand J., 2013. Analysis of inverse method applied on sandwich probes. *Journal of Fluids Engineering*, Volume 135, N°1.
8. Blel W., Legentilhomme P., Benezech T., Fayolle F. 2013. Cleanability study of a scraped surface heat exchanger. *Food and Bioproducts Processing*, N°91, p. 95-102.
9. Curet S., Rouaud, O., Boillereaux L., 2013. Estimation of dielectric properties of food materials during microwave tempering and heating. *Food and Bioprocess Technology: An International Journal*, (sous presse).
10. Hamoud Agha M., Curet S., Simonin H., Boillereaux L., 2013. Microwave inactivation of Escherichia Coli K12 CIP 54.117 in a gel medium : Experimental and numerical study. *Journal of Food Engineering*, Vol. 116(2), pp 315-323.
11. Ifrim G.A., Titica M., Barbu L., Boillereaux L., Cogne G., Caraman S., Legrand J., 2013. Multivariable feedback linearizing control of Chlamydomonas reinhardtii photoautotrophic growth process in a torus photobioreactor. *Chemical Engineering Journal*. N°218, p. 191-203
12. Jamali-Zghal N., Amponsah N.Y., Lacarriere B., Le Corre O., Feidt M., 2013. Carbon footprint and emergy combination for eco-environmental assessment of cleaner heat production. *Journal of Cleaner Production*. Vol. 47 pp. 446-456.
13. Laksmono N., Paraschiv M., Loubar K., Tazerout M., 2013. Biodiesel production from the biomass gasification tars via thermal/catalytic cracking. *Fuel Processing Technology*. Vol. 106. pp 776–783.
14. Lamarche P., Tazerout M., Gelix F., Köhler S., Mati K., Paviet E., 2013. Modelling of an indirectly heated fixed bed pyrolysis reactor of wood: Transition from batch to continuous staged gasification, *Fuel*, Vol. 106, pp 118–128.
15. Le Corre O., Dincer I., Broc J.S., 2013. Energetic and exergetic assessment of solar and wind potentials in Europe. *Int. J. Exergy*. Vol. 13 N°2 pp 175-200.
16. Montillet A., Nedjar S., Tazerout M., 2013. Continuous production of water-in-oil emulsion using micromixers. *Fuel*, Volume 106, pp 410–416.
17. Xanthakis E., Havet M., Chevallier S., Abadie J., Le Bail A., 2013. Effect of static electric field on ice crystal size reduction during freezing of pork meat. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, sous presse.

ACLN : Articles dans des revues avec comité de lecture non répertoriées dans des bases de données internationales.

2012

1. Afif M., Ben Othmane M., Havet M., Solliec C., Gehin E., 2012, Coude à 90 : Modélisation de l'écoulement et prédiction des trajectoires de particules, *Salles Propres* N°82, Sciences et Techniques 33.
2. Broc J.S., Mestayer P., Bourges B., André M., Ducroz F., Schmidt T., 2012, Évaluation environnementale des Plans de Déplacements Urbains : Compte-rendu du Séminaire final organisé par l'IRSTV (26-28 Juin 2012, Nantes Métropole). *Pollution atmosphérique*, n°216, Décembre 2012 (accepté pour publication)
3. Fouillé L., Schmidt T., Rebours A., 2012, Modéliser les émissions et les concentrations de polluants atmosphériques pour évaluer les politiques de transport. Eval PDU et le cas nantais. Accepté pour publication dans *Pollution atmosphérique*.
4. Gheith R., Aloui F., Ben Nasrallah S., 2012, Study of beta type Stirling engine - Validity of the perfect gas assumption, *International Journal of Heat and Technology*, ISSN: 03928764

5. Gheith R., Aloui F., Ben Nasrallah S., 2012, Theoretical amelioration of non energy-consuming system: A gamma Stirling engine, *Environmental Engineering and Management Journal*
6. Thiam M., A. LeBail, J. Abadie, A. Adedeji, M. Havet, 'Congélation sous champ électrique appliqué à de la viande', *Revue Générale du Froid*, pp 40-42, novembre 2012.

BR : Brevets

INV : Conférences données à l'invitation du Comité d'organisation dans un congrès national ou international.

2012

1. Broc, J.S., 2012. L'efficacité énergétique : une thématique pluridisciplinaire au cœur des enjeux énergétiques, *Ecole Energies Recherches 2012 du CNRS (IN2P3)*, 19 mars 2012, Roscoff, France.
2. Broc, J.S., 2012. Progress in Energy Efficiency Policies in the EU Member States: Overview of the French situation, *Energy Efficiency Watch Conference*, 1 March 2012, Wels, Austria.
3. Curet S., Microwave Heating of Food Products : Numerical and Experimental Investigations, séminaire du Groupe Modélisation Numérique en Agronomie et Agro-Alimentaire (GMN 3A), AgroSup Dijon, France.

ACT : Communications avec actes dans un congrès international ou national
--

2012

1. Afif M., Ben Othmane M., Havet M., Sollic C., Géhin E., Modélisation de l'écoulement et prédiction des trajectoires de particules dans une conduit coudée à 90°, *27^{ème} Congrès Français sur les Aérosols CFA 2012*, 25 et 26 Janvier 2012, Paris, France.
2. Belkadi A., Tarlet D., Montillet A., Bellettre J., Massoli O. High speed W/O Emulsification within impinging and cross-flowing mini-channels. 3^{ème} congrès européen de microfluidique –Heidelbeg, Allemagne, 03-05 décembre 2012.
3. Bosseboeuf D., Lapillonne B., Broc J.S., Sensitivity analysis for calculating the ESD energy savings target with the top down method: the French experience of NEEAP2. *International Energy Program Evaluation Conference (IEPEC) 2012 Evaluation: Key to Delivery of Energy Efficiency*, Rome, Italy, June 12-14 2012
4. Broc J.S., Melo C.A., Januzzi G., Detailed comparison of Brazilian and French obligation schemes to promote energy efficiency. *International Energy Program Evaluation Conference (IEPEC) 2012 Evaluation: Key to Delivery of Energy Efficiency*, Rome, Italy, June 12-14 2012
5. Curet S., Hamoud-Agha M., Microwave Inactivation of Bacteria Under Dynamic Heating Conditions in Solid Media, Proceedings of the 2012 COMSOL Conference, Milan, ITALIE, 10-12 october 2012
6. Da D., E. Géhin, M. Ben-Othmane, M. Havet, C. Sollic, Validation d'un dispositif expérimental pour la mesure des vitesses de dépôt de particules microniques : application aux gaines de ventilation des industries agroalimentaires, *27^{ème} Congrès Français sur les Aérosols CFA 2012*, 25 et 26 Janvier 2012, Paris, France.
7. Daouk E., Loubar K., Lounici M-S., Tazerout M., Experimental investigation and combustion analysis of biogas with different compositions in dual fuel diesel engine. 4th

International Renewable Energy Congress - IREC'2012, Sousse, Tunisie, 20 -22 décembre 2012.

8. Edelin D., Czujko P.C., Josset C., Castelain C., Fayolle F., 'Experimental study of the flow of suspensions in a horizontal pipe for application in the case of ice slurry'. CHISA 2012, 20th International Congress of Chemical and Process Engineering, Prague (République Tchèque) 25-29 Aout 2012
9. Fouillé L., Schmidt T., Rebours A., Modéliser les émissions et les concentrations de polluants atmosphériques pour évaluer les politiques de transport. Eval PDU et le cas nantais, *Journées interdisciplinaires de la qualité de l'air*, Villeneuve d'Ascq, France, 2-3 février 2012
10. Fouillé L., Broc J.-S., Bourges B., Bougnol J., Schmidt T., Ducroz F., Picaut J., Mestayer P., Eval-PDU: urban traffic and its environmental impacts modelling to assess Urban Mobility Master Plan. Conception of a methodology based on the Nantes' case. *GIS « Modélisation urbaine » : La modélisation des flux au service de l'aménagement urbain*, Lille, France, 13-14 juin 2012
11. Hakoume D., Al Hadda M., Le Corre O., Peerhossaini H., Modélisation des phénomènes de condensation des fumées issues d'une chaudière bois combustible, *COFRET2012*, Sozopo, Bulgarie, p114-119, ISBN 978-619-460-008-3, 11-13 juin 2012.
12. Hamoud-Agha M.M., Curet S., Simonin H., Boillereaux L. (2012). Inactivation of Escherichia coli K12 entrapped in solid media by microwave and water-bath heating. 2012 EFFoST Annual Meeting, 20-23 novembr 2012, Montpellier, France.
13. Havet M., Ben Othmane M., Géhin E., Sollic C., Experimental study of particle deposition in ventilation duct systems of the food industry, *10th International Conference on Industrial Ventilation*, Paris, France, 17-19 septembre 2012.
14. Kinata E., Loubar K., Tazerout M., Belloncle C., Optimization of hydroliquefaction process of charcoal CCB-treated wood for bio-oil production, *AMT2012*, Casablanca, Morocco, 18 – 19 April 2012.
15. Lounici M. S., Tarabet L., Loubar K., Balistrrou M. and Tazerout M., Investigations towards improvement of conventional DI diesel engine under natural gas dual fuel operation, *6th International Conference on Thermal Engineering: Theory and Applications*, Istanbul, Turkey, May 29-June 1, 2012.
16. Marquerite C. Bourges B., Lacariere B., Integrated models to evaluate district heating networks. *13th International Symposium on District Heating and Cooling*, Copenhagen, Danemark, 3 au 4 septembre 2012.
17. Raynaud M., Osso D., Adnot J., Bourges B., Duplessis., An energy efficiency program analysis to understand the gaps between ex-ante and ex-post evaluations. *International Energy Program Evaluation Conference (IEPEC) 2012 Evaluation: Key to Delivery of Energy Efficiency*, Rome, Italy, June 12-14 2012
18. Rouaud O., Pham Q.T., 'Heat and ass transfer modelling during freezing of foodstuffs', *Proceedings of the 2012 COMSOL Conference*, Milan, ITALIE, 10-12 october 2012
19. Tarabet L., Loubar K., Lounici M. S., Hanchi S. and Tazerout M., Numerical Investigation on Diesel Engine running with Eucaluptus Biodiesel and its blends, *ASME 2012*, Torino - Italy, 06 – 09 May 2012.
20. Varuvel EG., Mrad N., Tazerout M., Aloui F., Production of biofuel from fish oil industrial waste and testing in diesel engine. *Conférence Internationale WasteEng 2012*, 10 au 13 septembre 2012, Porto, Portugal.

2013

1. Alkhatib R., Loubar K., Awad S., Mounif E., Tazerout M. Waste tires pyrolysis: thermogravimetric study and conditions optimization in a batch reactor. *International Conference on Applied Energy*. Pretoria, South Africa. Jul 1-4, 2013
2. Boillereaux L., Curet S., Hamoud-Agha M., Simonin H. 'Model-bases settings of a conveyorized microwave oven for minced beef simultaneous cooking and

- pasteurization'. Computer Applications in Biotechnology (CAB 2013), Mumbai, India, 16-18 december 2013
3. Boussadi A., Lounici M. S., Tarabet L., Loubar K., Tazerout M. Engine performances and emissions using mixtures of natural gas and hydrogen: a critical review. 4th Joint Czech-Hungarian-Polish-Slovak Thermoanalytical Conference. Pardubice, Czech Republic. 24-27 June 2013
 4. Chevallier S., Jury V., Rouaud O., 'From dough to bread: the setting up of a heterogeneous cellular structure', InsideFood Symposium, Leuven, BELGIQUE, 9-12 avril 2013
 5. Chevallier S., Jury V., Rouaud O., X-ray tomography to characterise the microstructure of cellular materials', Proceedings of the 9th World Congress of Chemical Engineering, WCCE9, Seoul, COREE SUD, 18-23 août 2013.
 6. Da G., Géhin E., Ben-Othmane M., Havet M., Sollicec C., Motzkus C. 'An experimental approach to measure particle deposition in large circular ventilation ducts' European Aerosol Conference 2013 Prague, 1st-6th September 2013
 7. Edelin D., Castelain C., Czujko P.C., Josset C., Fayolle F., 'Ice slurry distribution: Determination of the energetic optimum for the transportation of buoyant particles in a horizontal pipe' ASME, 13th International Symposium on Liquid-Solids flows, Incline Village, Nevada (USA) 7-11 Juillet, 2013
 8. Hamdi M., Havet M., Rouaud O., Tarlet D. 'Choice of Seeding Particles For PIV Measurement Dedicated to EHD Drying'. 9th World Congress on Chemical Engineering. 18-23 août 2013, Séoul (Corée du Sud).
 9. Hamdi M., Tarlet D., Havet M., Rouaud O., Etude comparative de traceurs PIV dans les écoulements électrohydrodynamiques (EHD). 15ème Congrès Français de Visualisation et de Traitement d'Images en Mécanique des Fluides (FluVisu). Orléans, 18 – 22 novembre 2013
 10. Hamdi M., Havet M., Rouaud O., Tarlet D. 'Choix de traceur optimal pour la mesure PIV dans les écoulements EHD' Récents Progrès en Génie des Procédés, Numéro 104 - 2013, Lyon, 8-10 octobre 2013.
 11. Ifrim G.A., Titica M., Boillereaux L., Caraman S. 'Feedback linearizing control of light-to-microalgae ratio in artificially lighted photobioreactors'. Computer Applications in Biotechnology (CAB 2013), Mumbai, India, 16-18 december 2013
 12. Le Bail A., Xanthakis E., Havet M., "Recent Innovations and opportunities for refrigeration applied to food". 3rd International Conference on Food Technology at IICPT (3rd INCOFTECH), Thanjavur, India, 4– 5 January 2013
 13. Li X., Alamir M., Witrant E., Della Valle G., Rouaud O., Boillereaux L., Josset C. 'Further investigation on energy saving by jet impingement in bread baking process', Proceedings of the 5th IFAC Symposium on Systems Structure and Control, Grenoble, 4-6 février 2013
 14. Marguerite C., Bourges B., Lacarrière B. Application of a district heating network (DHN) model for an ex-ante evaluation to support a multi-sources DH. 13th International Conference of the International Building Performance Simulation Association. Chambéry, France. 25-28 Août 2013.
 15. Rouaud O., Curet-Ploquin S., Gabric D., Rzigue A., 'Jet impingement oven for bread baking: development and energy consumption', Proceedings of the 9th World Congress of Chemical Engineering, WCCE9, Seoul, COREE SUD, 18-23 août 2013.
 16. Taghian Dinani S., Havet M., Hamdami N., Guihard L. 'Combined Electrohydrodynamic (EHD)- Auxiliary Heating Drying of Mushroom Slices'. Récents Progrès en Génie des Procédés, Numéro 104 - 2013, Lyon, 8-10 octobre 2013.
 17. Tarabet L., Lounici M. S., Loubar K., Khiari K., Tazerout M. Combustion characteristics of biodiesel/natural gas in dual fuel diesel engine. 4th Joint Czech-Hungarian-Polish-Slovak Thermoanalytical Conference. Pardubice, Czech Republic. 24-27 June 2013
 18. Xanthakis E., Chevallier S., Le Bail A., Abadie J., Havet M. 'Freezing of pork meat under static electric field; impact on ice crystals size and structure. 2nd IIR International Conference on Sustainability and the Cold Chain, Paris, 2-4 avril 2013.

COM : Communications orales sans actes dans un congrès international ou national.

2012

1. Belkadi A., Tarlet D, Montillet A. et Bellettre J., Investigation of high speed emulsification within T-junction mini-channels 25èmes Entretiens du Centre Jacques Cartier « Emulsification, Modeling, Technologies and Applications », Lyon, France, 19-21 novembre 2012.
2. Bourges B., Broc J.S., Les scénarios d'évaluation, concepts, construction des scénarios de référence et alternatifs nantais. Évaluation environnementale des plans de déplacements urbains : Séminaire final de restitution du programme Eval-PDU, Nantes, France, 26-27-28 juin 2012.
3. Bourges B., Fouillé L., Vers des PDU à forte ambition environnementale ? Quelle évaluation de leurs impacts environnementaux ? Évaluation environnementale des plans de déplacements urbains : Séminaire final de restitution du programme Eval-PDU, Nantes, France, 26-27-28 juin 2012.
4. Fouillé L., Bourges B., Le retour d'expérience méthodologique du programme Eval-PDU. Évaluation environnementale des plans de déplacements urbains : Séminaire final de restitution du programme Eval-PDU, Nantes, France, 26-27-28 juin 2012.
5. Fouillé L., Karsenty S., Évaluation des incidences environnementales des stratégies d'adaptation en réponse aux actions mises en oeuvre dans les PDU- exemple du Busway nantais. Évaluation environnementale des plans de déplacements urbains : Séminaire final de restitution du programme Eval-PDU, Nantes, France, 26-27-28 juin 2012.
6. Fouillé L., Social unacceptability of urban road pricing: Manchester, the toll and the democracy, The making of movement, Paris, France, 26-27 mars 2012
7. Havet M., Rouaud O., Ould Ahmedou S.A., Hamdi M., Tarlet D., 'ElectroHydroDynamic enhancement of the drying process'. 5th Annual Meeting of Sino-French Laboratory for Sustainable Energy, Nantes, France 18-19 juin 2012.
8. Havet M., M. Ben Othmane, Géhin E., Solliec C., Experimental study of particle deposition in ventilation duct systems of the food industry, Food Factory 2012, 6th International Conference for Food Factory in the future, Laval, France, 4-6 Juillet 2012.
9. Jamali-Zghal N., Amponsah N.Y., LacARRIERE B., Le Corre O., Feidt M., Eco-environmental assessment of heat plants: biomass or natural gas?, Seventh biennial energy research conference, Florida, USA, January 12-14, 2012.
10. Lounici MS., Tarabet L., Loubar K., Balistrout M., Tazerout M. Utilisation des biogaz issus de déchets dans les moteurs dual-fuel, 2ème Séminaire International sur les Energies Nouvelles et Renouvelables, Ghardaïa, Algérie, 15-17 Octobre 2012.
11. Montillet A., Présentation d'une communication orale invitée 'Diagnostic de l'écoulement dans des micromélangeurs', Colloque « Capteurs et biocapteurs appliqués aux procédés en environnement et agroalimentaire », Nantes, France, 08 juin 2012.
12. Tarabet L., Loubar K., Lounici MS., Hanchi S., Tazerout M. Validation of a single zone diesel engine model for biodiesel combustion, 2ème Séminaire International sur les Energies Nouvelles et Renouvelables, Ghardaïa, Algérie, 15-17 Octobre 2012.

AFF : Communications par affiche dans un congrès international ou national

OS : Ouvrages scientifiques (ou chapitres de ces ouvrages)

2012

1. Orlowska M., LeBail A., Havet M.. "Electrofreezing". In: *Electro-Technologies for Food Processing: Book Series. Volume 1. Ohmic Heating: Principles, Practice and*

Applications. Editors: Marcotte, M., Ramaswamy, H.S., Sastry, S., Fryer, P. and Abdelrahim, K. Taylor & Francis Group (15th June 2012 by CRC Press).

2013

1. Xanthakis E., Le Bail A., Havet M. 'Freezing Combined with Electrical and Magnetic Disturbances' In: Second Edition: "Emerging Technologies for Food Processing" Editor: Da-Wen Sun. Elsevier. (sous presse 2013)

AP : Autres publications.

2013

1. Xanthakis E., Le Bail A., Chevallier S., Abadie J., Havet M. 'Congélation sous champ électrique statique'. *Industries Alimentaires et Agricoles*, N°1-2 2013, pp 13-14

TH : Thèses soutenues

2012

1. PACHECO SANDOVAL Leonardo 'Production d'hydrogène par vapo-reformage de méthanol : intensification des transferts' soutenue le 20 janvier 2012. Situation actuelle : Enseignant Universidad Autónoma de Bucaramanga (Colombie).
2. GARCIA-SANCHEZ David 'Modélisation de la demande énergétique à l'échelle du quartier et de la ville: Couplage d'approches physiques et statistiques pour des modèles flexibles' soutenue le 29 octobre 2012. Situation actuelle : Chef de projet Greenafair, Boulogne-Billancourt
3. NICOLAS Vincent 'Modélisation des transferts de masse et de chaleur dans une matrice alvéolaire lors d'une cuisson multi-énergie. Application à la cuisson de pain'. soutenue le 30 novembre 2012. Situation actuelle : post-doctorant AgroParitech.
4. BESBES Emna 'Dynamique de l'eau dans les matrices céréalieres : étude de l'effet des conditions de cuisson sur le rassissement du pain de mie', soutenue le 10 décembre 2012. Situation actuelle : ATER - CNAM.
5. TARABET Lyes 'Etude de la combustion d'un biocarburant innovant dans les moteurs à combustion interne de véhicules', soutenue le 30 septembre 2012. Situation actuelle : recherche d'emploi.

2013

1. SENGA KIESSE KINATA Silao Esperence 'Valorisation énergétique des déchets de bois traités par voies thermo-chimiques (pyrolyse et hydroliquéfaction). Application aux bois traités aux sels de CCB', soutenue le 2 avril 2013. Situation actuelle : recherche d'emploi.

Axe « INGÉNIERIE DE L'ENVIRONNEMENT »

BILAN

Responsable : Yves ANDRES

Chercheurs et enseignants-chercheurs permanents

Yves ANDRES	Professeur, HdR, EMN
Florent CHAZARENC	Maître-Assistant, HdR, EMN
Eric DUMONT	Maître de Conférences, HdR, Université de Nantes
Claire GERENTE	Maître-Assistante, EMN
Valérie HEQUET	Maître-Assistante, HdR, EMN
Aurélien JOUBERT	Maître-Assistante, EMN
Laurence LE COQ	Professeur, HdR, EMN
Pascaline PRE	Maître-Assistant, HdR, EMN
Cécile RAILLARD	Maître de Conférences, Université de Nantes
Camille SOLLIEC	Maître de Recherche, HdR, EMN
Albert SUBRENAT	Maître-Assistant, HdR, EMN
Félicie THERON	Maître-Assistante, EMN
Lomig HAMON	Maître-Assistant, EMN

Personnel technique

Thomas Bergantz	Technicien EMN (2012) 50 %
François –Xavier Blanchet	Technicien EMN 50 %
Patrick Brion	Technicien EMN 50 %
Katell Chaillou	Ingénieur de Recherche EMN 50 %
Eric Chevrel	Technicien EMN 50 %
Yvan Gouriou	Technicien EMN 50 %
Jérôme Martin	Technicien EMN 50 %

Doctorants

Nadine Allam « Quantification des émissions surfaciques de CH₄ d'un ISDND », début : 01/11/2011. Financement : Fond de dotation Mines Nantes. Directeurs thèse : L. Le Coq, N. Locoge, M. Batton Hubert.

Frédéric Batault « Traitement photocatalytique de COV en mélange dans des conditions typiques de l'air intérieur », début : 01/11/2011. Financement : EMDouai, EMNantes. Directeurs de thèse : N. Locoge, L. Le Coq, co-encadrants : V. Héquet, F. Thévenet.

Pierre Luc David « Caractérisation des risques associés à l'utilisation d'eaux grises traitées pour des usages extérieurs au bâtiment », début : 01/12/2010. Financement : CSTB. Directeur de Thèse : Y. Andres, Co-encadrant : C. Gerente.

Ghania Ounoughene « Etude des émissions liées à l'incinération de matériaux nanostructurés et incidence éventuelle sur les procédés industriels », début : 01/10/2012.

Financement Ademe. Directeurs de thèse L. Le Coq, J.M. Lopez Cuesta (Mines Alès), co-encadrants : O. Le Bihan (INERIS), C. Chivas (LNE).

Coline Pessereau « Etude de l'implantation de *P. aeruginosa* dans les réseaux d'eau potable et eau thermale et évaluation des procédures de désinfection », début 01/10/2012. Financement : CSTB. Directeurs de thèse : Y. Andres, S. de Bentzmann.

Laura Sarperi « Développement d'un procédé de traitement de biogaz issus de la méthanisation de biosolide pour l'injection sur le réseau », début : 01/11/2011. Financement : CIFRE S3D. Directeur de Thèse : A. Subrenat, co-encadrant : F. Chazarenc.

Zhewei Yu « Adsorbants à base de réseaux organo-métalliques pour le stockage d'hydrogène » début 01/11/2012. Financement : Mines et industrie. Directeurs de thèse : P. Pré.

Problématique scientifique

Les travaux développés portent sur les procédés de séparation avec transfert – réaction appliqués au traitement de l'eau et de l'air ainsi qu'à la purification des gaz (biogaz, syngaz), et s'appuient sur l'étude des mécanismes physiques, chimiques et biologiques mis en jeu. La démarche adoptée consiste à considérer les différentes échelles du système étudié afin d'accéder au développement de nouveaux procédés ou à l'optimisation de procédés existants en considérant l'ensemble de la filière de traitement. Les recherches initiées font intervenir des compétences dans différents domaines :

- le génie des procédés, notamment concernant les transferts gaz - liquide - solide et les réactions chimiques ou biologiques hétérogènes,
- la mécanique des fluides, et plus particulièrement les écoulements en milieu poreux et les transferts couplés aux interfaces,
- les matériaux, en particulier la caractérisation des matériaux poreux nano-structurés,
- la microbiologie, notamment concernant le comportement des microorganismes dans les procédés de traitement des eaux et de l'air.
- la métrologie des polluants (composés chimiques, micro-organismes et particules) en phases gaz et aqueuse à différentes concentrations et en mélanges.

Concernant l'épuration de l'air, les objets étudiés sont notamment les poussières et particules nanométriques, les aérosols microbiens, les composés organiques volatils (COV) et les molécules odorantes. Dans le cas des effluents aqueux sont étudiés les micropolluants organiques, les ions métalliques ou les métalloïdes et les microorganismes. Une attention particulière est portée aux milieux hyperdilués et multi-composés.

Séparation avec transfert

Procédés cycliques d'adsorption modulée en température et en pression : traitement d'air, purification de gaz

Les projet de recherches développés s'inscrivent dans le cadre de la raréfaction des combustibles fossiles gazeux qui a conduit au développement de la production de nouveaux carburants basée sur la transformation de la biomasse (biocarburants de deuxième génération). Toutefois, ces technologies n'ont pas permis le développement commercial de la gazéification de la biomasse pour les unités de faibles puissances. Le verrou technologique de ces unités à faible puissance concerne la production en continu d'un gaz de synthèse (syngas)

répondant aux normes énergétiques et environnementales dans des conditions économiquement acceptables.

L'un des sujets proposés concerne ainsi le traitement des gaz de synthèse issus de la biomasse avant valorisation énergétique. Une étape primordiale dans le procédé est la séparation et la purification de ces carburants avant leur transport et leur valorisation énergétique. Le but est ainsi de soustraire les composés indésirables (CO_2 , N_2 , H_2S ,...) afin d'augmenter significativement le pouvoir calorifique supérieur (PCS) du carburant gazeux. Les procédés tels que certains PSA (Pressure Swing Adsorption) apparaissent adaptés tant du point de vue technique qu'économique pour séparer des volumes modérés de syngas.

Il est possible d'atteindre les spécifications commerciales et réglementaires des carburants à condition de fortement diminuer les temps de cycle du procédé. La séparation des gaz est alors basée sur une séparation cinétique. Néanmoins, actuellement, ce type de procédés PSA ultra-rapides n'est pas utilisé pour la séparation des composés du syngas. Le développement de tels procédés ouvre ainsi la porte à l'étude de nouvelles configurations de matériaux adsorbants. Il est dès lors nécessaire d'utiliser des matériaux adsorbants (i) présentant de faibles résistances aux flux de gaz dans l'adsorbent, c'est-à-dire minimisant les pertes de charge, (ii) présentant des sélectivités diffusionnelles particulièrement élevées, et (iii) n'étant pas fluidisables. De plus, il est nécessaire que les capacités dynamiques d'adsorption soient grandes et que les volumes interstitiels entre particules d'adsorbant soient faibles afin de minimiser la taille des adsorbents et de maximiser le taux de recouvrement des produits. Des matériaux sous forme monolithique tels que les zéolites semblent être des candidats potentiels pour de telles conditions. Par ailleurs, des matériaux tels que les Metal Organic Frameworks (MOFs) semblent également être adaptés puisqu'ils présentent des capacités dynamiques d'adsorption particulièrement élevées. En vue de réaliser un choix judicieux de matériaux adsorbants pouvant s'intégrer à des procédés PSA ultra-rapides de petites tailles, les expérimentations concernent l'acquisition des données thermodynamiques et cinétiques sur plusieurs matériaux à structure cristalline tels que des zéolites et des MOFs afin de discriminer les relations entre les propriétés tant chimiques que structurelles des matériaux adsorbants, leurs capacités dynamiques d'adsorption et leur sélectivité. Le choix de matériaux à structure cristalline est particulièrement important puisqu'il limite fortement les effets d'hétérogénéité qui pourraient être observés sur des matériaux moins structurés tels que des charbons actifs, par exemple. Néanmoins, un charbon actif de référence permettra de comparer les performances des matériaux sélectionnés.

A partir de ces données expérimentales, une simulation d'un procédé PSA ultra-rapide est envisagée afin d'optimiser les cycles pour pouvoir finalement dimensionner une installation pilote qui permettra de (i) valider le choix des matériaux adsorbants, (ii) tester de nouvelles phases adsorbantes, (iii) relier les propriétés des matériaux adsorbants avec les performances du procédé PSA.

En parallèle de ces travaux, un outil de traitement d'images obtenues par microscopie électronique à transmission permettant de caractériser les propriétés nanostructurales de carbones adsorbants en vue d'établissement de corrélations avec leur propriétés d'adsorption a été développé dans le cadre d'une collaboration au sein du groupe Nanomines (Carnot MINES). Ces travaux sont complétés par le développement de modèles de morphologie de pore et leurs caractérisation par diffusion RX et spectrométrie Raman (collaboration Académie des sciences Moscou, Micromeritics).

Une autre voie de purification des biogaz est développée au sein du laboratoire et en collaboration avec S3d à savoir l'utilisation de laitiers sidérurgiques. Ces derniers sont des coproduits industriels issus de la fabrication de la fonte au haut fourneau (aussi appelé Blast Furnace slag) et de l'acier en four à arc électriques (appelé Electric Arc Furnace slag) ou encore en four dopés à l'oxygène (appelé Basic Oxygen Furnace slag). Ils sont principalement composés de la gangue résiduelle du minerai de fer, isolée et rejetée de la fonte liquide par flottation et d'agent de chaulages (principalement CaO et MgO). Les laitiers contiennent également des résidus de fer et d'aluminium. Les conditions alcalines générées par la chaux contenues dans ces laitiers doit permettre de précipiter le sulfure d'hydrogène mais également

le phosphore et le dioxyde de carbone. De plus l'oxyde de fer peut réagir avec H₂S pour produire du sulfure de fer et de l'eau, en présence de vapeur d'eau.

Filtration (combinée poussières-COV-microorganismes ou nano-particules), Relation structure poreuse et géométrie de filtres / Ecoulement et transfert

Les médias fibreux sont couramment employés en traitement d'air pour la filtration de particules de différentes tailles et natures (dont les aérosols microbiens), mais peuvent également être combinés à un adsorbant afin d'assurer l'adsorption de COV et de COSV. Les interactions possibles entre ces différents composés et leur influence sur les différents mécanismes de capture, adhésion ou transfert de masse soulèvent de nombreux verrous scientifiques et technologiques. Un intérêt particulier est porté à l'influence de la composition des fibres constituant le média et à la distribution en diamètre de ces fibres sur les paramètres de structure poreuse et sur les propriétés de surface (hydrophilie, resistivité électrique, chimie de surface). La relation entre les propriétés structurales des médias fibreux, les géométries de mise en œuvre des filtres (plissés, poches, manches, dièdres) et les performances de filtration (efficacité de capture, pertes de charge) ainsi que l'évolution de ces propriétés et performances au cours de la vie du filtre (colmatage, déformation ou destruction du filtre, relargage de particules ou croissance de microorganismes) est étudiée pour des particules microniques et nanométriques de différentes compositions, et pour des aérosols microbiens. Aujourd'hui une attention particulière est portée sur les nanoparticules. Le développement fulgurant des nanotechnologies a conduit à la multiplication des produits contenant des nanomatériaux pour apporter une nouvelle fonctionnalité, ou modifier des propriétés (mécaniques, optiques, magnétiques ou thermiques). Aujourd'hui, environ 2000 catégories de nanoparticules manufacturées sont d'ores et déjà commercialisées et couvrent une large diversité de substances. Dans ce contexte, la problématique relative à la gestion des déchets générés notamment par les activités de production (synthèse, utilisation) et la fin de vie des produits n'est pas encore résolue. Dans ce contexte, un projet collaboratif entre le Laboratoire, l'INERIS et le groupe Séché via sa filiale TREDI proposent de contribuer à évaluer l'efficacité des filières d'incinération pour traiter les déchets contenant des nanomatériaux manufacturés (projet Ademe CORTEA NANOFIueGas)

Ce projet a pour objectif de mieux comprendre les mécanismes de formation des particules nanométriques ou nano-structurées (aggrégats) lors de la combustion/incinération et d'évaluer l'efficacité des procédés de traitement (par voie sèche) des effluents. A terme, les résultats du projet permettront de connaître les performances des unités d'incinération existantes vis-à-vis de ces particules et de dégager, le cas échéant, des axes d'amélioration au niveau des procédés pour réduire l'émission et/ou assurer un meilleur traitement des effluents chargés en nano-objets. Les perspectives d'applications visent les industries de la filière fin de vie, et plus particulièrement des incinérateurs de déchets industriels et tout-venant susceptibles de traiter des produits nanostructurés ou souillés avec des nano-objets. Dans une perspective d'application industrielle à courts ou moyens termes, une analyse technico-économique du procédé de traitement sera réalisée au cours du projet.

Séparation avec transfert-réaction

Oxydation photocatalytique

La photocatalyse hétérogène est un procédé particulièrement adapté pour la dégradation COV ou encore pour l'élimination des micropolluants aqueux.

Les composés organiques volatils (COV) représentent le groupe majoritaire parmi les polluants de l'air intérieur. Les principales sources à l'origine de la présence de ces COV sont : les éléments d'ameublement (tapis, meubles, peintures, lambris, etc...), les appareils de chauffages, les activités de cuisine, l'air extérieur, ou les tâches effectuées dans le local (photocopies, peintures, etc...).

Plusieurs techniques de traitement des COV existent et sont étudiées à l'échelle des laboratoires. La photocatalyse apparaît comme la technique d'oxydation la plus à même d'être opérationnelle sur des matrices gazeuses complexes, proches des conditions réelles de l'air intérieur. Cependant, peu de travaux atteignent à ce jour l'étape d'industrialisation et une mise en oeuvre des systèmes pour le grand public. En effet, un verrou principal subsiste : la validation de l'innocuité du dispositif du point de vue des espèces produites et le suivi des espèces produites lors du fonctionnement du dispositif.

L'objectif des investigations réalisées dans ce cadre, porte sur l'étude et l'optimisation des paramètres clés dans le développement de la technique de traitement d'air par photocatalyse, la validation de son innocuité dans des conditions proches de l'air intérieur, et la mise en place d'indicateurs d'efficacité de cette technique de traitement d'air. Cet objectif principal est décliné en plusieurs sous-objectifs :

- Déterminer le rôle des phénomènes d'adsorption et notamment des compétitions d'adsorption dans le traitement par photocatalyse d'atmosphères multi polluées.
- Identifier les chemins réactionnels de molécules cibles afin de mesurer la formation éventuel de sous-produits néfastes (COV et AOS), d'en limiter la production ou de les dégrader.
- Déterminer les paramètres de procédés clés dans le traitement par photocatalyse d'atmosphères multi polluées, entre autres : débit d'air à traiter, flux radiant, nature du photocatalyseur.
- Augmenter l'activité photocatalytique sous irradiations ultraviolettes et visibles.
- Améliorer les taux de conversion avec un coût énergétique limité.

Plusieurs projet de recherches sont en cours en collaboration avec l'Ecole des Mines de Douai, avec pour objectifs le développement de méthodes analytiques permettant de suivre la dégradation de polluants à des concentrations de l'ordre du $\mu\text{g}/\text{m}^3$ et d'identifier une majorité d'intermédiaires réactionnel pour différentes conditions opératoires et différentes géométries de mise en oeuvre du matériau photocatalytique dans le procédé (projet Ademe CORTEA ETAPE) et avec l'Ecole des Mines de Saint Etienne pour l'intégration de capteurs (COV, CO₂) en ligne en vue de la conduite du procédé (projet Carnot M.I.N.E.S. PHOTOCALIR).

Pour les applications concernant les effluents aqueux les investigations concernent principalement l'utilisation et la compréhension des mécanismes (quelles espèces réactives impliquées) de matériaux à base de dioxyde de titane activables par la lumière solaire (UV et visible) pour l'élimination de polluants émergents et de microorganismes.

Biofiltres / biolaveurs / marais filtrants

Les biofiltres industriels sont de grandes dimensions du fait de réactions biologiques lentes. Afin d'accélérer les processus, des formulations de garnissage servant de support bactérien sont développées. Des travaux sont en cours sur le traitement biologique de composés odorants (émission de porcherie) et de molécules volatiles faiblement solubles et sur la régénération biologique du solvant utilisé lors d'un procédé de transfert gaz - liquide. Enfin, une transposition des outils méthodologiques développés est réalisée pour la purification de biogaz. Les travaux développés correspondent à :

- ✓ la sélection de nouveaux matériaux filtrants, peu coûteux, durables et suffisamment disponibles,
- ✓ l'enrichissement du lit filtrant par l'ajout d'éléments nutritifs solides,
- ✓ la modélisation mathématique des performances de ces matériaux (via les cinétiques de dégradation des polluants),
- ✓ la modélisation mathématique des pertes de charge permettant d'atteindre les paramètres "tortuosité" et "surface active au transfert" du lit filtrant,
- ✓ le suivi des capacités de traitement de biofiltres industriels,
- ✓ l'étude du transfert de matière dans les systèmes multiphasiques gaz-liquide-liquide.

Pour partie ces travaux font l'objet de collaboration avec la Chambre d'Agriculture de Bretagne, la Société Evalor, et l'Ecole de Chimie de Rennes (UMR CNRS 6226 "Institut des Sciences Chimiques de Rennes").

Les marais artificiels représentent une technologie de plus en plus utilisée pour l'épuration extensive des eaux usées domestiques, industrielles et pour les eaux de ruissellement. Ces procédés sont issus du génie écologique qui vise à appliquer des processus naturels que l'on retrouve au sein d'écosystèmes dans des procédés extensifs de rémediation. Il est admis que les marais artificiels permettent un traitement efficace des matières en suspension et de la matière organique mais ce procédé reste encore limité pour l'enlèvement de nutriments et l'emprise au sol est encore largement considérée comme importante. De plus, la plupart des marais artificiels ont été développés de façon très empirique, et le dimensionnement pourrait en être grandement optimisé en utilisant des outils tels que les modèles numériques ce qui pourrait permettre de mieux en connaître les limites d'utilisation en en prédire les performances épuratoires de façon beaucoup plus précise. Les projets de recherches actuellement mis en œuvre ont pour objectifs :

- ✓ la compréhension des mécanismes de dégradation et d'accumulation de nutriments et de polluants émergents au sein de marais artificiels.
- ✓ de proposer, en utilisant des concepts de génie des procédés, de microbiologie appliquée et d'écologie un modèle numérique de marais artificiel semi-intensif permettant de dimensionner des installations. L'originalité de cette démarche réside dans la l'approche permettant la détermination des coefficient de bio-cinétique et d'hydrolyse qui seront associés à des modèles hydrauliques du procédé pour créer un modèle numérique complet.

Cette thématique est soutenu par le projet « Phytoria » Développement des procédés de phytoépuration pour le traitement d'effluents industriels (Projet ECOINDUSTRIE) et par le financement d'un post doc par la région Pays de la Loire.

Elaboration / utilisation d'adsorbants à partir de déchets

Les micropolluants organiques, les métaux lourds et les métalloïdes, tel que l'arsenic, présents dans l'eau montrent une toxicité reconnue et doivent être éliminés avant rejet des effluents contaminé ou dans les filières de potabilisation des eaux. Dans ce cadre, des matériaux carbonés poreux fonctionnalisés sont produits à partir de déchets ou résidus tels que des boues de station d'épuration, sous-produits agricoles. Les études concernent l'optimisation des conditions opératoires de carbonisation et d'activation des précurseurs et la caractérisation physico-chimique des matériaux carbonés obtenus. Les performances de ces matériaux adsorbants sont ensuite testées vis-à-vis de différentes familles de polluants : composés organiques, colorants, métaux et métalloïdes. Une comparaison des structures poreuses mais également des propriétés adsorbants vis-à-vis d'antibiotiques (tétracycline, amoxiciline) ou de l'arsenic est réalisés à partir des divers matériaux carbonées poreux synthétisé en fonction des précurseurs (pulpe de betterave, bois, noyaux de mangue...). Les travaux sont réalisés en collaboration avec les Universités de Los Andes (Bogota, Colombie) et de Ziguinchor (Sénégal).

Optimisation des transferts

L'objectif de ces recherches est centré sur l'écoulement de fluides de différentes natures dans des systèmes de géométries variées en vue de l'amélioration de procédés existants et du développement de nouveaux procédés. Les travaux sont globalement dédiés à l'analyse phénoménologique et à la modélisation des processus de transfert de scalaires passifs ou actifs (concentration, particules, température) dans les écoulements ou micro-écoulements.

Transferts en milieu polyphasique : Etude locale des mécanismes de dépôt / remise en suspension de microparticules en conduite ventilée

Le transport d'aérosols dans les conduites ventilées s'accompagne inévitablement du phénomène de dépôt de ces derniers. Les risques liés à la contamination par les aérosols touchent des secteurs industriels variés tels que l'industrie agro-alimentaire, l'industrie des semi-conducteurs, l'industrie pharmaceutique... Ainsi la maîtrise et la gestion des risques liés à l'accumulation de particules dans les conduites ventilées passe par la compréhension des mécanismes à l'origine du phénomène. De nombreuses études exposées dans la littérature fournissent des valeurs de vitesses de dépôts, de taux de dépôt ou de taux de pénétration et taux de remise en suspension. De telles informations, globales, ne permettent pas d'expliquer les mécanismes responsables de ce phénomène.

L'étude des mécanismes de dépôt, ou de rebond des particules à l'approche d'une paroi, ou même leur remise en suspension suivie ou non de leur réentraînement par l'écoulement, nécessite de pouvoir recueillir des paramètres locaux relatifs à l'écoulement, au conduit, et à l'aérosol. En effet, le comportement des particules à l'approche de la surface solide peut être fortement influencé par les propriétés de l'écoulement au niveau de la couche limite où le champ turbulent est inhomogène et anisotrope (phénomène de turbophorèse). Le mouvement des particules peut également être influencé par d'éventuels gradients de température qui peuvent exister à proximité de la paroi (phénomène de thermophorèse), dans le cas où il existe une différence de température entre la paroi et l'écoulement d'aérosol. C'est pourquoi il est intéressant de pouvoir quantifier le gradient de température en proche paroi, accompagné de la température de cette dernière.

Dans le cadre de ce domaine, nous proposons d'aller recueillir des informations locales (composantes fluctuantes de la vitesse, gradient de vitesse) sur le comportement des particules au niveau de la paroi. Pour cela nous proposons d'employer des moyens d'analyse d'écoulements permettant d'acquérir des champs de vitesse tels que la PIV (Particle Image Velocimetry), en les mettant en œuvre à échelle locale. La caractérisation des propriétés de l'écoulement d'air en proche paroi grâce à des mesures par fil chaud donnera accès à la vitesse et à l'intensité turbulente de l'écoulement. Le couplage des données concernant d'une part l'écoulement d'air et d'autre part la trajectoire des particules permettra de mettre en évidence des interactions pouvant exister entre les mouvements de l'air et des particules.

Dans le cas de l'existence d'une différence de température entre l'air et la paroi, la mesure locale du gradient de température de l'air ainsi que celle de la température de la paroi permettra d'évaluer l'influence de la thermophorèse sur les mécanismes étudiés.

En résumé, ces travaux visent à développer une méthodologie expérimentale permettant une meilleure compréhension des mécanismes de dépôts / remise en suspension des particules, qui permettra d'enrichir de manière théorique les modèles empiriques actuellement disponibles dans la littérature.

Faits marquants et programmes de recherches en cours

- Organisation (Y. Andres, V. Hequet, D. Briand) des **Journées Scientifiques SFGP «Polluants émergents : quels défis pour une meilleure gestion de l'eau »**, 1 et 2 février 2012 à Nantes.
- Organisation (L. Le Coq, J. Legrand, D. Briand) du **Séminaire Annuel du Laboratoire International Associé (LIA) Franco-Chinois "Laboratoire pour l'Energie Durable"**, 18-19-20 juin 2012 à Nantes.
- Co-organizer (F. Chazarenc) of the **3rd IMT-IITD French-Indian research seminar on "Recent advances and innovations for sustainable water management"** IIT Delhi, India, 3-6 Dec 2012.
- **Programme Ecos Nord**. Visite de Y. Andrès à L'université de Los Andes, Bogota Colombie, 23-29 avril 2012.

- **Programme PHC AMADEUS** Visite de F. Chazarenc à Vienne Janvier 2012 et Juillet 2012. Programme PHC AMADEUS (EGIDE), 2011-2013 avec Department of Water, Atmosphere and Environment University of Natural Resources and Life Sciences, Vienna (BOKU; Universität für Bodenkultur Wien) (Pr: G. Langergraber).

Nom contrat	Date de début	Date de fin	Montant initial du contrat pour l'axe En euros
CARNOT MINES "Photocair" Traitement de l'air intérieur par photocatalyse	01/09/2012	31/08/2014	77,000.00
CARNOT MINES "filière H2" Procédé de purification de l'hydrogène	01/01/2013	30/09/2015	18,000.00
ECOINDUSTRIE "Phytoria" Traitement extensif d'effluents aqueux de l'industrie agroalimentaire	01/11/2012	31/10/2015	140,110.00
ADEME CORTEA "ETAPE" Performances de procédés photocatalytiques commerciaux et identification des sous-produits	01/09/2013	30/08/2016	125,000.00
CARNOT MINES "CHARPURGAS" Réutilisation des chars de pyrolyse pour la purification de syngaz	01/09/2013	30/08/2016	110,000.00
ANR POST-FUKUSHIMA "MIRE" Mitigation de l'iode gazeux et particulaire lors d'accidents nucléaires	01/09/2013	30/08/2018	315,000.00
IMT "AHEAD" Procédé innovant de récupération de chaleur des procédés d'adsorption	01/10/2013	01/10/2015	65,000.00
AMI BÂTIMENTS ET ILOTS A ÉNERGIE POSITIVE ET BILAN CARBONE MINIMUM "TIPEE" Performance énergétique et efficacité du traitement de l'air intérieur	01/11/2012	31/10/2016	180,000.00

Zoom sur :

Procédés de purification de l'air intérieur par photocatalyse : de la compréhension des mécanismes réactionnels vers la mise en oeuvre.

Valérie Héquet, Maître-Assistante HDR, EMN

Les activités de recherche en photocatalyse du laboratoire vont de la compréhension des mécanismes réactionnels vers la mise en oeuvre de procédés de traitement et de purification de l'eau et de l'air tout en mettant en oeuvre des matériaux poreux et réactifs.

La démarche générale adoptée (Figure IEnv-1) repose sur la connaissance des matériaux, de leurs propriétés de structure, texture et de surface, ainsi que sur la compréhension des mécanismes de transfert et réactions qui se produisent à leur surface. Elle intègre la mise en oeuvre de ces matériaux dans l'étude des phénomènes à l'échelle du procédé. Les objectifs principaux sont l'amélioration du transfert et de la réactivité, la compréhension des mécanismes et élaboration de lois cinétiques, l'optimisation des paramètres opératoires et le suivi on-line des performances pour une meilleure maîtrise et conduite des systèmes mis en oeuvre. L'établissement de relations entre les différentes échelles d'observation permet *in fine* de faire le lien entre les matériaux, les phénomènes et l'efficacité des procédés de traitement.



Figure IEnv-1 : Démarche scientifique générale des travaux de recherche en photocatalyse

La Figure IEnv-2 propose une description synthétique de l'organisation des activités de recherche articulées autour de cette approche multi-échelle des procédés de traitement mettant en oeuvre des processus photocatalytiques intégrant les aspects de transfert et de réaction. Les activités comprennent la synthèse et la mise en forme de matériaux avec caractérisation de leurs propriétés, l'étude mécanistique et réactionnelle pour l'élimination de molécules cibles ainsi que l'étude des paramètres opérationnels pour l'optimisation des performances d'élimination des procédés étudiés. Une action rétroactive des performances du système vers les propriétés des matériaux est parfois envisagée.

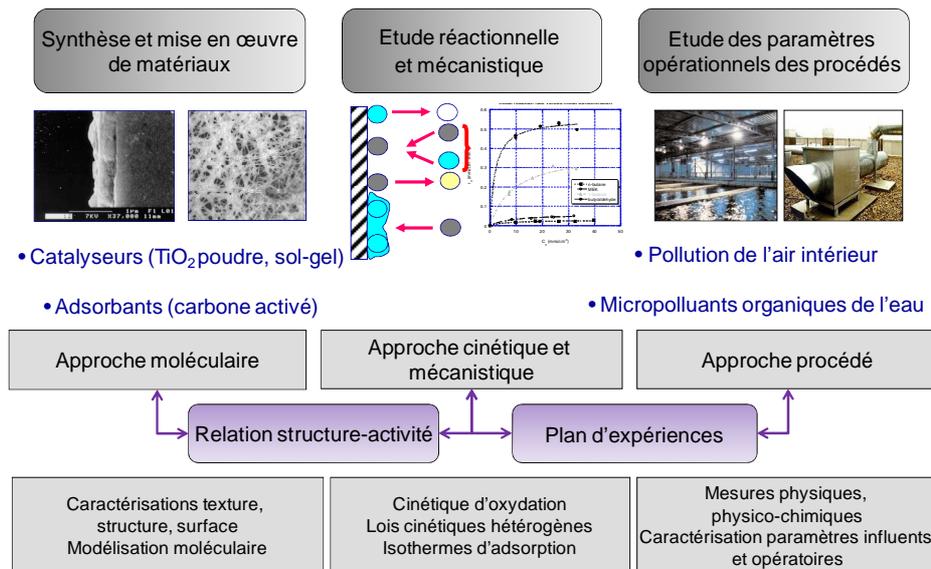


Figure IEnv-2 : Organisation synthétique des activités de recherche mettant en œuvre des processus photocatalytiques

Aussi les activités développées s'articulent autour de 3 axes principaux :

- l'élaboration et caractérisation de matériaux, poreux carbonés, siliceux, à base de dioxyde de titane, ou à partir d'autres catalyseurs supportés de réaction,
- la compréhension des mécanismes réactionnels au moyen de modèles décrivant les phénomènes de sorption et de réaction,
- l'application aux traitements de phases multi-composée à faibles concentrations avec étude, dimensionnement de géométries de réacteurs et optimisation des procédés.

Ces dernières années, les activités dans ce domaine ont été fortement développées en particulier pour des applications en traitement de l'air intérieur et le matériau le plus utilisé a été le dioxyde de titane sous différentes formes. Ainsi la description des travaux de recherche va essentiellement se focaliser sur cette application mettant en œuvre la photocatalyse hétérogène, en détaillant les activités selon les 3 volets précédemment identifiés.

1. Elaboration de matériaux pour la photocatalyse hétérogène

En comparaison avec d'autres semi-conducteurs, il a déjà été démontré que le dioxyde de titane était un matériau prometteur au vu des avancées scientifiques sur la connaissance de ce matériau et en termes de mise en œuvre pour les applications pratiques envisagées. Ce matériau est en effet à la fois photoactif et stable, peu onéreux, non toxique et inerte. Le dioxyde de titane constitue le composé le plus largement utilisé dans le domaine de la photocatalyse. Cependant, les systèmes utilisés dans des procédés de traitement de l'air restent encore peu développés aujourd'hui. Un premier frein au développement de procédés photocatalytiques est lié à une efficacité limitée de ces matériaux en termes de conversion et de minéralisation sous irradiations ultra-violettes et solaire. Les coûts du procédé seraient grandement diminués et le nombre d'applications plus important si les matériaux développés étaient effectivement efficaces dans la gamme du visible. Le deuxième frein concerne le besoin, encore réel aujourd'hui malgré de nombreux travaux, de mieux cerner les mécanismes prépondérants, à savoir ; l'activation du matériau et les mécanismes réactionnels et de transfert. Enfin le dernier frein concerne la mise en œuvre de ces matériaux dans le cadre d'applications ciblées (telle que l'élimination de micropolluants de l'air), et l'optimisation des paramètres opératoires traduite en lois simples, permettant un dimensionnement aisé, utiles aux industriels. Plus précisément, sur le premier point concernant l'élaboration des matériaux,

les travaux réalisés ont consisté en l'élaboration ou transformation de photocatalyseurs à base de dioxyde de titane ou composés photosensibles (oxydes ou complexes métalliques). Il s'agit notamment d'améliorer leur utilisation, d'évaluer leur activité photocatalytique sous différentes conditions et d'approcher les mécanismes réactionnels pour un meilleur emploi de ces matériaux, l'objectif général étant d'améliorer les efficacités de ceux-ci vis-à-vis de la dégradation de molécules organiques.

2. Compréhension des mécanismes et écriture de lois cinétiques

La photocatalyse est connue pour être efficace sur un grand nombre de micropolluants de l'air. Son développement à grande échelle pour de telle application verra le jour à l'unique condition de lever certains verrous scientifiques. Il s'agit notamment de pouvoir établir des relations entre l'efficacité d'un media photocatalytique et le type de polluants rencontrés. Il s'agit d'être capable de prévoir un temps de traitement suffisant pour l'élimination des molécules cibles et de leurs éventuels intermédiaires réactionnels. La compréhension des mécanismes réactionnels, la mise en évidence des paramètres qui influencent les vitesses de réaction (présence de vapeur d'eau par exemple), ainsi que l'identification des éventuels produits intermédiaires de dégradation sont des étapes indispensables à la mise en oeuvre de ce procédé de traitement. Ces différentes étapes doivent conduire à l'écriture de lois de vitesse de dégradation. Ces aspects sont abordés de façon détaillée dans cette partie pour des applications en traitement de l'air. Le recours de la modélisation moléculaire comme lien entre échelle atomique et échelle macroscopique fait également partie des activités investiguées. L'établissement de RQSA (relation quantitative structure – activité) pour la prédiction des cinétiques de dégradation est abordé. L'intérêt réside dans le dimensionnement à l'échelle réelle des procédés de dégradation de COV et dans la prédiction des cinétiques ou des taux de conversion de différentes molécules.

3. Etude et optimisation de procédés

Une des clefs du développement d'un procédé de traitement à grande échelle réside dans la pertinence des domaines d'applications visées. Les procédés photocatalytiques sont soumis à l'influence de nombreux paramètres, à savoir les paramètres spécifiques aux caractéristiques des matériaux photosensibles, les paramètres environnementaux et enfin les paramètres propres à la mise en oeuvre du système photocatalytique. Les premiers sont liés au choix des matériaux utilisés, les deuxièmes sont relatifs au domaine d'application et enfin les derniers sont les paramètres ajustables du procédé de traitement. C'est en intégrant l'ensemble de ces paramètres que les domaines d'application privilégiés peuvent être identifiés. Aussi les procédés photocatalytiques auront une réelle pertinence, notamment en comparaison à d'autres procédés, s'ils sont utilisés pour le traitement de l'air faiblement pollués et pour des débits permettant le transport des molécules vers le matériau photocatalytique tout en respectant un temps de contact suffisant pour que le processus réactionnel puisse avoir lieu. Les verrous scientifiques et techniques identifiés pour le développement de procédés photocatalytiques peuvent être déclinés en 3 points. Il s'agit de (i) l'évaluation des performances des systèmes et l'optimisation des paramètres opératoires en conditions réelles, (ii) de mettre en oeuvre des procédés robustes dont les coûts énergétiques sont minimisés, (iii) de concevoir des systèmes qui soient le moins impactants possible notamment en terme de sous-produits ou d'intermédiaires réactionnels lorsqu'il s'agit de procédés d'oxydation. La figure IEnv-3 présente un banc d'essais de laboratoire utilisé pour l'étude et l'optimisation du procédé photocatalytique. Aussi les activités se sont orientées vers (i) une meilleure compréhension des processus impliqués afin de connaître les limites du procédé et d'en tirer des conclusions en termes d'ajustement des paramètres opératoires du système, (ii) une connaissance des chemins réactionnels des molécules cibles afin d'identifier les composés intermédiaires potentiellement toxiques et d'en limiter la production (les outils et méthodes analytiques prenant ici toute leur importance), (iii) une augmentation de l'activité

photocatalytique sous irradiations ultraviolette et visible, de façon à améliorer les taux de conversion avec un coût énergétique limité.

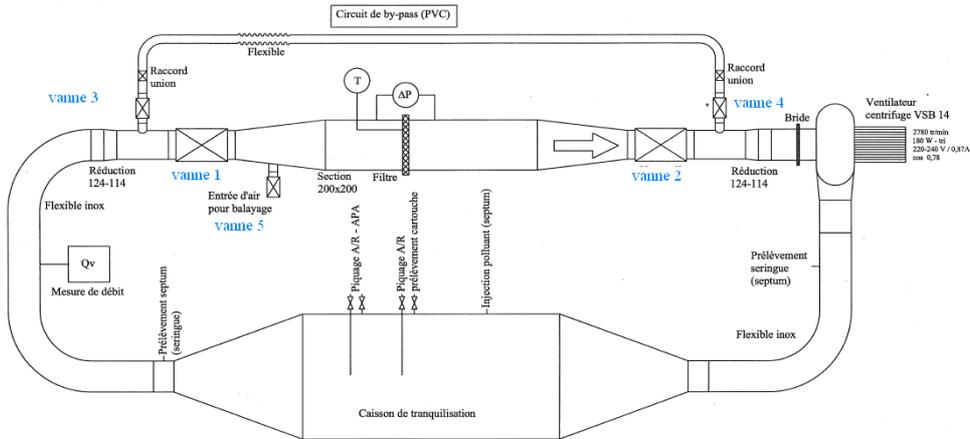


Figure IEnv-3. Schéma du pilote photocatalytique à flux traversant en régime continu multi-passes

4. Synthèse et perspectives de recherche

En ce qui concerne **l'élaboration de matériaux**, les deux objectifs principaux sont d'une part de développer des matériaux photosensibles avec une réactivité accrue et d'autre part de générer via ces matériaux des mécanismes réactionnels différents. Enfin, la recherche de matériaux photoactifs sous rayonnement UV-visible et pouvant être utilisés sous irradiation solaire ou artificielle (lampes d'éclairage classiques) est également étudié.

Les projets sur les **mécanismes et l'écriture de lois cinétiques** intégreront (i) l'écriture de modèles cinétiques plus complets intégrant les intermédiaires réactionnels majoritaires, (ii) l'élaboration de modèles intégrant les cinétiques réactionnelles et de transfert. Ces modèles plus précis permettront un changement d'échelles plus aisé. Deux approches seront abordées : une décrivant l'ensemble des étapes mécanistiques, l'autre étant une approche plus globale (empirique ou semi-empirique) intégrant les principaux paramètres influents uniquement.

Enfin, **l'optimisation de procédés** sera directement liée aux applications ciblées. Les projets en perspectives devront non seulement apporter une meilleure maîtrise des procédés à mettre en oeuvre mais également apporter des réponses mieux ciblées en fonction des domaines d'application. Ces réponses sont, par exemple, le type de matériaux photosensibles à mettre en oeuvre en fonction des molécules visées, ou une intensification du procédé de traitement photocatalytique par concentration de l'irradiation ou encore un couplage de plusieurs mécanismes.

Production Scientifique Axe IE – 2012

ACL : Articles dans des revues internationales ou nationales avec comité de lecture répertoriées (25)
--

<p>Aubert A., Candelier F., Sollic C., 2012, Experimental study of heat transfer in a water film exposed to a radiant flux. Application to thermal protection of composite wall. <i>Experimental Thermal and Fluid Sciences</i>, Volume 51, November 2013, Pages 10-17.</p>
<p>Aubert A., Candelier F., Sollic C., 2012, Numerical heat transfer analyses of a wavy- laminar falling film moving curvilinear coordinates., <i>International Communications in Heat and Mass Transfer</i>, Volume 39, Issue 8, October 2012, Pages 1073-1079.</p>
<p>Barca C., Gérente C., Meyer D., Chazarenc F., Andrès Y., 2012, Phosphate removal from synthetic and real wastewater using steel slags produced in Europe. <i>Water Research</i>, 46 (7), 2376-2384.</p>
<p>Corre C., Couriol C., Amrane A., Dumont E., Andrès Y. and Le Cloirec P., 2012, Efficiency of biological activator formulated material (BAFM) for volatile organic compounds removal - Preliminary batch culture tests with activated sludge, <i>Environ. Technol.</i>, 33, 1671-1676.</p>
<p>Darracq G., Couvert A., Couriol C., Dumont E., Amrane A., Le Cloirec P., 2012, Activated sludge acclimation for hydrophobic VOC removal in a two-phase partitioning reactor, <i>Water Air Soil Pollution</i>, 223, 3117-3124.</p>
<p>Darracq G., Couvert A., Couriol C., Thomas D., Amrane A., Dumont E., Andrès Y., Le Cloirec P., 2012, Optimization of the volume fraction of the NAPL, silicone oil, and biodegradation kinetics of toluene and DMDS in a TPPB, <i>International Biodeterioration & Biodegradation</i>, 71, 9-14.</p>
<p>Dumont E., Andrès Y., 2012, Styrene absorption in water/silicone oil mixtures, <i>Chemical Engineering Journal</i>, 200-202, 81-90.</p>
<p>Dumont E., Ayala Guzman L.M., Rodriguez Suza M.S., Andrès Y., 2012, H₂S biofiltration using expanded schist as packing material: performance evaluation and packed-bed tortuosity assessment, <i>Journal of Chemical Technology & Biotechnology</i>, 87, 725-731.</p>
<p>Dumont E., Darracq G., Couvert A., Couriol C., Amrane A., Thomas D., Andrès Y., Le Cloirec P., 2012, Hydrophobic VOC absorption in two-phase partitioning bioreactors; influence of silicone oil volume fraction on absorber diameter, <i>Chemical Engineering Science</i>, 71, 146-152.</p>
<p>Forthomme A., Andrès Y., Joubert A., Simon X., Duquenne P., Bemer D., Le Coq L., 2012, Evolution of a Microbial Aerosol Behavior in HVAC Systems – Quantification of <i>Staphylococcus epidermidis</i> and <i>Penicillium oxalicum</i> Viability, <i>Environmental Technology</i>. Volume 33, Issue 19, pp 2217-2221.</p>
<p>Gagnon, V., Chazarenc, F., Koiv, M., Brisson, J., 2012, Effect of plant species on water quality at the outlet of a sludge treatment wetland Source, <i>Water Research</i>, Volume: 46, Issue: 16, Pages: 5305-5315</p>
<p>Guilbaud J., Massé A., Andrès Y., Combe F., Jaouen P., 2012, Influence of operating conditions on direct nanofiltration of greywaters: Application to laundry water recycling aboard ships, <i>Resources, Conservation and Recycling</i> 62, 64– 70.</p>
<p>Hamon L., Andrès Y., Dumont E., 2012, Aerial pollutants in swine buildings: A review of their characterization and methods to reduce them, <i>Environmental Science & Technology</i>, 46, 12287-12301.</p>
<p>Khalaphallah R. and Andres Y., 2012, The effect of various abiotic factors on the survival growth of <i>Escherichia coli</i> and <i>Pseudomonas aeruginosa</i> in bathroom greywater, <i>Journal of Water Reuse and Desalination</i> doi: 10.2166/wrd.2012.076.</p>
<p>Ladislav S., El-Mufleh A., Gérente C., Chazarenc F., Andrès Y., Béchet B., 2012, Potential of aquatic macrophytes as bioindicators of heavy metal pollution in urban stormwater runoff, <i>Water, Air and Soil Pollution</i>, Volume 223, Number 2, Pages 877-888</p>
<p>Le Coq L., Duga A., 2012, Syngas treatment unit for small scale gasification – application to IC engine gas quality requirement, <i>Journal of Applied Fluid Mechanics</i>, 5 (1).</p>

Le Cloirec P., Pré P., Delage F., Giraudet S., 2012, Visualization of the exothermal VOC adsorption in a fixed-bed activated carbon adsorber, *Environ. Technol.*, 33 (1-3), 285-290.

Maroga Mboula V., Héquet V., Gru Y., Colin R., Andrès Y., 2012, Assessment of photocatalysis efficiency on tetracycline biodegradation, *J. Hazard. Mater.* 209-210, 355-364

Ramalingam S.G., Hamon L., Pré P., Giraudet S., Le Coq L., Le Cloirec P., 2012, Global statistical predictor model for characteristic adsorption energy of organic vapors-solid interaction: Use in dynamic process simulation, *J. Colloid Interface Sci.* 377(1), 375-378.

Ramalingam S.G., Pré P., Giraudet S., Le Coq L., Le Cloirec P., Baudouin O., Déchelotte S., 2012, Different families of Volatile Organic Compounds pollution control by microporous activated carbon in Temperature Swing Adsorption, *J. of Hazardous Materials*, 221-222, 242 - 247.

Ramalingam S.G., Pré P., Giraudet S., Le Coq L., Le Cloirec P., Baudouin O., Déchelotte S., 2012, Recovery comparisons - Hot Nitrogen Vs Steam regeneration of toxic dichloromethane from activated carbon beds in oil sands process, *J. of Hazardous Materials*, 205 – 206, 222-228.

Soupramanien A., Malhautier L., Dumont E., Andrès Y., Rocher J., Fanlo J.L., 2012, Biological treatment of a mixture of gaseous sulphur reduced compounds: Identification of the total bacterial community's structure, *Journal of Chemical Technology & Biotechnology*, 87, 817-823.

Torres Perez J., Gerente C., Andres Y., 2012, Conversion of agricultural residues into activated carbons for water purification: Application to arsenate removal. *Journal of Environmental Science and Health, Part A*, 47, 1173-1185.

Torres-Perez J., Gerente C. and Andres Y., 2012, Sustainable activated carbons from agricultural residues dedicated to antibiotic removal by adsorption. *Chinese Journal of Chemical Engineering*, 20, 3, 524-529.

Wang, L., Li, GX., Chazarenc, F., Liu, CX., Li, J. 2012, Effect of artificial aeration, inoculation of bacteria and plant growth on nutrient removal from poultry wastewater in trickling columns fed with reactive media. *Journal of Food Agriculture & Environment*, Volume: 10, Issue: 2, Pages: 1041-1044.

ACLN : Articles dans des revues avec comité de lecture non répertoriées dans des bases de données internationales (3)

Afif M., Ben Othmane M., Havet M., Sollicc C., Gehin E., 2012, Coude à 90°: Modélisation de l'écoulement et prédiction des trajectoires de particules, *Salles Propres N° 82, Sciences et Techniques* 33.

Hamon L., Lagadec S., Dumont É., Landrain B., Landrain P., Andrès Y., 2012, Mesure des quantités adsorbées d'ammoniac sur les poussières et conséquences de l'adsorption sur le dimensionnement d'un biofiltre pour le retrait des polluants atmosphériques des porcheries. *Journées Recherche Porcine* 44, 135-136.

Matar Y., Candelier F., Sollicc C., 2012, How the kinematic swimming of European eel *Anguilla Anguilla* changes from axial to non-axial velocity flow, *International Journal of Engineering and Applied Sciences* 6.

ASCL : Articles dans des revues sans comité de lecture (3)

David P-L., Bulteau G., Humeau P., Gérente C. and Andrès Y., 2012, Optimization of a fluidized bed for greywater treatment. Proceedings of the *IWA Regional Conference on Wastewater Purification and Reuse*, Heraklion, Crete, Greece, Edited by T. Manios, N. Kalogerakis, C. Papamattheakis, ISBN 978-960-99889-2-6.

Torres-Perez J., Gerente C. and Andres Y., 2012, Antibiotic removal by adsorption onto activated carbons produced from agricultural residues. Proceedings of the *IWA Regional*

Conference on Wastewater Purification and Reuse, Heraklion, Crete, Greece, Edited by T. Manios, N. Kalogerakis, C. Papamattheakis, ISBN 978-960-99889-2-6 (paper n°69).

Torres-Perez J., Gerente C. and Andres Y., 2012, Conversion of agricultural wastes onto activated carbons for micropollutants removal. Proceedings of the *4th International Conference on Engineering for Waste and Biomass Valorisation (WasteEng12)*, Edited by A. Nzihou and F. Castro, Mines d'Albi, Vol. 3, 886-891, ISBN 979-10-91526-00-5.

BR : Brevets (0)

ES : Enveloppes Soleau (0)

INV : Conférences données à l'invitation du Comité d'organisation dans un congrès national ou international (7)

Andres Y., Gerente C., Low cost biosorbents for metal ion removal from wastewater: a mini-review *Advanced Symposium on Chemical and Environmental Engineering*, The Hong Kong University of Science and Technology, Hong Kong, June 1st 2012.

Barca C., Meyer D., Troesch S. Drissen P., Andrés Y., Chazarenc F. (keynote): Steel slag filters to upgrade P removal In constructed wetlands: two years of field experiments in France. 13th International Conference on Wetland Systems for Water Pollution Control, Perth, Australia, 24-29 Nov 2012.

Chazarenc F., Using Specialised Media for Phosphorus Removal, *Conference on Low Energy Wastewater Treatment Systems: From Innovation to Implementation*, Canfield University, UK, Sept.2012.

Chazarenc F., Chair of the Workshop : Rural areas of the future-what are the best wastewater management strategies? *World Water Congress & Exhibition*, Busan, Corée du Sud

Héquet V., Approche méthodologique pour l'optimisation des paramètres opératoires des systèmes de traitement photocatalytique – établissement de modèles de prédiction, *Journée technique de l'OQAI* (Observatoire de la Qualité de l'Air Intérieur), CSTB, Paris, 2 avril 2012.

Pré P., Huchet G., Jeulin D., Rouzaud J.N., Sennour M., Thorel A., Morphological analysis of nanoporous carbon structure, *Carbon 2012*, Krakow, Poland, June 17-22 2012.

Torres Perez J., Gerente C., Andres Y., Sustainable activated carbons from agricultural residues dedicated to antibiotic removal by adsorption *Advanced Symposium on Chemical and Environmental Engineering*, The Hong Kong University of Science and Technology, Hong Kong, June 1st 2012.

ACT : Communications avec actes dans un congrès international ou national (23)

Afif F., Ben Othmane M., Havet M., Sollicc C., Gehin E., Modélisation de l'écoulement et prédiction des trajectoires de particules dans une conduite à 90°, *Congrès Asfera*, Paris, 25-26 Janvier 2012.

Barca C., Meyer D., Troesch S., Drissen P., Andres Y., Chazarenc F., Steel slag filters to upgrade phosphorus removal in small wastewater treatment plants: two years of field experiments in France. *13th International Conference on Wetland Systems for Water Pollution Control*, Perth, Australia, November 25-29 November 2012.

Da G., Géhin E., Ben-Othmane M., Havet M., Sollicc C., Experimental set-up to measure particle deposition from turbulent flow in large ventilation ducts: Application to food industries, *Congrès AST IMM 2012*.

DA G., Gehin E., Ben Othmane M., Havet M., Sollicc C., Validation d'un dispositif experimental

pour la mesure des vitesses de dépôt de particules microniques : Application aux gaines de ventilation des industries agroalimentaires, Paris, <i>Congrès ASFERA</i> , 25-26 Janvier 2012.
Darracq G., Couvert A., Couriol C., Amrane A., Thomas D., Dumont E., Andrès Y., Le Cloirec P. Absorption de COV hydrophobes dans une phase organique. <i>6èmes Journées Francophones sur les Réacteurs Gaz-Liquide et Gaz-Liquide-Solide</i> , Marrakech, Maroc, 8-11 mai 2012.
David P-I., Bulteau G., Humeau P., Gérente C. Andrès Y. Optimization of a fluidized bed for greywater treatment, <i>IWA Regional Conference on Wastewater Purification and Reuse</i> , Heraklion, Crete, Greece, March 28-30 2012.
Dumont E., Andrès Y. Détermination du KLa dans les systèmes multiphasiques impliquant une phase gazeuse et deux phases liquides non miscibles. <i>6èmes Journées Francophones sur les Réacteurs Gaz-Liquide et Gaz-Liquide-Solide</i> , Marrakech, Maroc, 8-11 mai 2012.
Hamon L., Lagadec S., Dumont E., Landrain B., Landrain P., Andrès Y. Mesure des quantités adsorbées d'ammoniac sur les poussières et conséquences de l'adsorption sur le dimensionnement d'un biofiltre pour le retrait des polluants atmosphériques des porcheries. <i>44èmes Journées de la Recherche Porcine</i> , Paris, France, 7-8 février 2012.
Hamon L., Lagadec S., Dumont E., Landrain B., Landrain P., Andrès Y., Quantification of NH ₃ adsorption on dust and its consequences on the design of biofilters for the removal of aerial pollutants in piggeries, <i>9th International Livestock Environment Symposium, International Conference of Agricultural Engineering CIGR-Ageng2012</i> , Valencia, Spain, July 8-12, 2012.
Héquet V., Maudhuit A., Debono O., Raillard C., Thévenet F., Locoge N., Le Coq L., Kinetic models for indoor air photocatalytic efficiency prediction, <i>Healthy Building 2012</i> , Brisbane, Australia, July 8 - 12 2012.
Hernández M., Andres Y., Rodríguez M., Performance of biohydrogen production from anaerobic co-digestion of coffee mucilage and swine manure in thermophilic condition. <i>World Hydrogen Energy Conference</i> . June, 2012. Toronto - Canada.
Hernández M., Rodríguez M., Andres Y., Dynamics of co-digestion of mucilage and swine manure for biohydrogen generation. <i>4th International Conference on Engineering for Waste and Biomass Valorisation</i> . September, 2012. Porto - Portugal.
Khalaphallah R., Maroga Mboula V., Pelaez M., Héquet V., Dionysiou D.D., Andrès Y., Inactivation of E. Coli and P. aeruginosa in greywater by NF-TiO ₂ photocatalyst under visible light, <i>Conference WWPR 2012, Water Reclamation & Reuse</i> , Heraklion, Greece, March 28-30 2012.
Leloup M., Sollicc C., Le Coq L., Putier F., Etude des mouvements d'air et de poussières lors de la manutention de pulvérulents dans l'industrie de l'alimentation animale, <i>27^{ième} Congrès Français sur les aérosols</i> , Paris 25-26 Janvier 2012.
Maroga Mboula V., Héquet V., Andrès Y., Dona-Rodriguez J.M., Dionysiou D.D., Falaras P., Utilisation de catalyseurs innovants pour la dégradation de perturbateurs endocriens sous irradiation solaire, <i>Journées scientifiques SFGP « Polluants émergents »</i> , Nantes, 1-2 février 2012.
Matar Y., Candelier F., Sollicc C., How the kinematic swimming of European Eel Anguilla Anguilla change from axial to non-axial velocity flow. <i>International Congress on Marine and Naval Engineering</i> , Madrid, Spain, 27- 29 April 2012.
Matar Y., Candelier F., Sollicc C., The features of the lateral flow in the cross section slice of an elongated body: experimental approach, <i>9th International Conference on Heat Transfer, Fluid Mechanics and Thermodynamics</i> , La Valette, Malta, 16-20 July 2012.
Meyer D., Barca C., Drissen P., Rex M., Andres Y., Chazarenc F., Slag filters for upgraded phosphorus removal from constructed wetlands: two years of lab scale column experiments. <i>13th International Conference on Wetland Systems for Water Pollution Control</i> , Perth, Australia, November 25-29 November 2012.
Pré P., Jeulin D., Huchet G., Jeulin D., Rouzaud J.N., Sennour M., Thorel A., Analyse de la nanostructure de charbons actifs par microscopie électronique à transmission haute résolution en relation avec leurs propriétés texturales, <i>Journées Scientifiques du Groupe Français d'Etude des Carbone</i> , Houffalize, Belgique, 1 ^{er} 4 octobre 2012.
Prigent S., Paing J., Andrès Y., Chazarenc F., Effect of a saturated layer and of a recirculation

on nitrogen treatment performances of a single stage vertical flow constructed wetland (VFCW). <i>13th International Conference on Wetland Systems for Water Pollution Control</i> , Perth, Australia, 24-29 Nov 2012.
Raillard C., Héquet V., Gao B., Choi H., Dionysiou D.D., Illien B., Correlations between molecular descriptors from various VOCs and photocatalytic oxidation kinetic constants, <i>7th European Meeting on Solar Chemistry and Photocatalysis: Environmental Applications - SPEA7</i> , Porto, Portugal, June 17 - 20 2012.
Torres Perez J., Gerente C., Andres Y., Antibiotic removal by adsorption onto activated carbons produced from agricultural residues, <i>IWA Regional Conference on Wastewater Purification and Reuse</i> , Heraklion, Crete, Greece, March 28-30 2012.
Torres-Perez J., Gerente C. and Andres Y., Conversion of agricultural wastes into activated carbons for micropollutants removal, <i>4th International Conference on Engineering for Waste and Biomass Valorisation (WasteEng12)</i> , Porto, Portugal, September 10-13 2012.

COM : Communications orales sans actes dans un congrès international ou national (3)

Chazarenc F., What are the best solutions to treat and re-use wastewaters from the rural and periurban areas of the future? <i>3rd IMT-IITD French-Indian research seminar on "Recent advances and innovations for sustainable water management"</i> IIT Delhi, India, 3-6 Dec 2012.
Héquet V., Maroga Mboula V., Andrès Y., Doña-Rodríguez J.M., Falaras P., Photocatalytic degradation of 17 β -estradiol and estrogenic activity assessment, <i>3rd GEM-IITD Indo-French research seminar</i> , New Delhi, India, December 3-6 2012.
Khalaphallah R, Maroga Mboula V, Héquet V., Andrès Y., Pelaez M., Dionysiou D.D., Greywater treatment for reuse: study of pathogenic microorganisms and phage survival under abiotic factors and photolysis-photocatalysis <i>3rd GEM-IITD Indo-French research seminar</i> , New Delhi, India, December 3-6 2012.

AFF : Communications par affiche dans un congrès international ou national (9)

Debono O., Thévenet F., Héquet V., Raillard C., Le Coq L., Locoge N., VOC mixture photocatalytic treatment close to indoor air conditions: comparison between batch and dynamic reactors, <i>Healthy Buildings 2012</i> , Brisbane, Australia, July 8-12 2012.
Hamon L., Lagadec S., Dumont É., Landrain B., Landrain P., Andrès Y., Mesure des quantités adsorbées d'ammoniac sur les poussières et conséquences de l'adsorption sur le dimensionnement d'un biofiltre pour le retrait des polluants atmosphériques des porcheries, <i>44^{èmes} Journées de la Recherche Porcine</i> , Paris, 7 et 8 février 2012.
Ladislav S., Gérente C., Mu L., Chazarenc F., Brisson J. and Andrès Y., Floating marshes for heavy metal removal in highway storm water pond, <i>Recent advances and innovations for sustainable water management, 3rd GEM-IITD Indo-French research seminar</i> , Indian Institute of Technology, New Delhi, 3-6 December 2012.
Maroga Mboula V., Héquet V., Andrès Y., Dona-Rodriguez J.M., Dionysiou D.D., Falaras P., Effective catalysts under solar light for the removal of endocrine disruptors , <i>2nd Dissemination Workshop of the Nano4water Cluster</i> , Thessaloniki, Greece, April 24-25 2012.
Maroga Mboula V., Héquet V., Andrès Y., Doña-Rodríguez J.M., Dionysiou D.D., Falaras P., Approach to evaluate the efficiency of novel photocatalysts under solar light for the elimination of emerging pollutants, <i>3rd GEM-IITD Indo-French research seminar</i> , New Delhi, India, December 3-6 2012.
Maroga Mboula V., Héquet V., Gru Y, Colin R., Andrès Y., Effet de la photocatalyse sur la biodégradation de la tétracycline, <i>Journées scientifiques SFGP « Polluants émergents »</i> , Nantes, 1-2 février 2012.
Meyer D., Barca C., Drissen P., Rex M., Andres Y., Chazarenc F., Slag filters for upgraded phosphorus removal from constructed wetlands: two years of lab scale column experiments,

13th International Conference on Wetland Systems for Water Pollution Control, Perth, Australia, 24-29 Nov 2012.
Pré P., Huchet G., Jeulin D., Rouzaud J.N., Sennour M., Thorel A., Heterogeneities in the nanostructure of activated carbons: morphological modeling applied to HRTEM images, <i>Rencontres Scientifiques Multi-Scale Approaches for Process Innovation MAPI</i> , Lyon, France, 25-29 janvier 2012.
Raillard C., Debono O., Héquet V., Thévenet F., Le Coq L., Locoge N., n-decane photocatalytic oxidation : intermediates formation in a multi-pass dynamic reactor at ppb level, <i>7th European Meeting on Solar Chemistry and Photocatalysis Environmental Applications (SPEA7)</i> , Porto, Portugal, June 17-20 2012.

TH : Thèses soutenues (9)

LELOUP Marine. <i>Etude expérimentale du comportement des aérosols et de leurs dépôts dans un élévateur à godets : Impact sur la contamination croisée en alimentation animale.</i> Financement : bourse CIFRE avec la société Tecaliman. Soutenue le 25 mai 2012. Directeur de thèse : Camille Sollicec, Co-directeur : Laurence Le Coq. Situation actuelle : Ingénieur de Recherche à Tecaliman, Nantes.
RAMALINGAM Shivaji-Ganesan. <i>Adsorption de composés organiques volatils et régénération de charbons actifs – Développement d'outils de simulation.</i> Co-financement : allocation Mines Nantes et Ademe. Soutenue le 11 juillet 2012. Co-Directeurs de thèse : Laurence Le Coq (Ecole des Mines de Nantes) et Pierre Le Cloirec (Ecole Nationale Supérieure de Chimie de Rennes). Co-encadrement : Pascaline Pré et Giraudet Sylvain. Situation actuelle : Directeur de projets pour des opérations internationales entre BIOTECH India, Air Science Canada and Landfill Gas Industries Australia, dans le domaine des biogaz.
KHALAPHALLAH Rafat. <i>Greywater treatment for reuse by slow sand filtration : study of pathogenic microorganisms and phage survival.</i> Financement : gouvernement égyptien. Soutenue le 14 septembre 2012. Directeur de thèse : Yves Andrès. co-encadrement : Nour-Eddine Sabiri, Valérie Héquet. Situation actuelle : enseignant-chercheur en Egypte.
BARCA Cristian. <i>Mise au point de filtres garnis de matériaux réactifs destinés au traitement des eaux usées au sein de petites installations.</i> Financement : Epur Nature. Soutenue le 17 octobre 2012. Directeur de thèse : Yves Andrès. Co-encadrement : Yves Andrès. Situation actuelle : en recherche d'emploi.
PRIGENT Stéphane. <i>Optimisation du traitement de l'azote et du phosphore dans les marais artificiels.</i> Thèse CIFRE avec la société Voisin SAS. Soutenue le 19 octobre 2012. Directeur de thèse : Yves Andrès. Situation actuelle : <i>Environmental monitoring Team Leader</i> au sein de l'entreprise Bauer Nimr LLC, Sultanat d'Oman.
SOUPRAMANIEN Alexandre. <i>Etude du couplage lit percolateur / bio-filtre pour l'épuration de gaz issus du traitement de déchets.</i> Thèse Ecole des Mines de Nantes / Ecole des Mines d'Alès. Financement : allocation Mines Nantes et Alès. Soutenue le 23 octobre 2012. Co-directeurs de thèse : Eric Dumont (Ecole des Mines de Nantes) et Luc Malhautier (Ecole des Mines d'Alès). Situation actuelle : en recherche d'emploi.
MAROGA MBOULA Vanessa. <i>Devenir des polluants émergents lors d'un traitement photochimique ou photocatalytique sous irradiations solaires.</i> Financement : programme européen Cleanwater. Soutenue le 13 novembre 2012. Directeur de thèse : Yves Andrès, co-encadrement : Valérie Héquet. Situation actuelle : en recherche d'emploi.
HERNANDEZ Mario-Andres. <i>Production d'hydrogène par co-digestion anaérobie de pulpe de café et de lisier de porc.</i> Thèse en co-tutelle Université de Los Andès, Bogotta, Colombie / Ecole des Mines de Nantes. Co-financement : programme Ecos Nord et allocation Mines Nantes. Soutenue le 22 novembre 2012. Directeur de thèse : Yves Andrès.
FORTHOMME Audrey. <i>Caractérisation du comportement des aérosols microbiens dans les systèmes de ventilation d'espaces occupés.</i> Thèse réalisée en collaboration avec l'INRS. Co-financement : abondement Carnot Mines et INRS. Soutenue le 18 décembre 2012. Directeur

**PRODUCTION SCIENTIFIQUE partielle Axe IE
2013**

**ACL : Articles dans des revues internationales ou nationales avec comité de lecture
répertoriées dans les bases de données internationales (16)**

- Pré P., Huchet G., Jeulin D., Rouzaud J.N., Sennour M., Thorel A., (2013) A new approach to characterize the nanostructure of activated carbons from mathematical morphology applied to high resolution transmission electron microscopy *Carbon*, 52, 239-258.
- David P-L., Bulteau G., Humeau P., Gérente C. and Andres Y. (2013) Laundry greywater treatment using a fluidized bed reactor: a proposed model based on greywater biodegradation and residence time distribution approach. *Environmental Technology* DOI: 10.1080/09593330.2013.803133.
- Ladislav S., Gérente C., Chazarenc F., Brisson J. and Andrés Y. (2013) Performances of floating treatment wetlands to remove cadmium, nickel and zinc from urban stormwater runoff. *Water Air and soil pollution*. 224, 2, 1408.
- Lodeiro P., Kwan S. M., Torres Perez J., González L. F., Gérente C., Andrés Y. and McKay G. (2013) Novel Fe loaded activated carbons with tailored properties for As(V) removal: Adsorption study correlated with carbon surface chemistry. *Chemical Engineering Journal*. 215-216, 105-112.
- Debono O., Thévenet F., Gravejat P., Héquet V., Raillard C., Le Coq L., Locoge N. (2013) Gas phase photocatalytic oxidation of decane at ppb levels: removal kinetics, reaction intermediates and carbon mass balance. *Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry*. 258 pp. 17-29
- Dumont E., Darracq G., Couvert A., Couriol C., Amrane A., Thomas D., Andrés Y., Le Cloirec P., (2013) Volumetric mass transfer coefficients characterising VOC absorption in water/silicone oil mixtures, *Chemical Engineering Journal*, 221, 308-314
- Romero Hernandez A., Rodríguez Susa M.S., Andrés Y., Dumont E., (2013) Steady- and transient-state H₂S biofiltration using expanded schist as packing material, *New Biotechnology*, 30, 210-218.
- Dumont E., da Silva Cabral F., Le Cloirec P., Andrés Y., (2013) Biofiltration using peat and a nutritional synthetic packing material: influence of the packing configuration on H₂S removal, *Environmental Technology*, 34(9), 1123-1129.
- Leloup M., Putier F., Sollic C., Le Coq L., 2013, Micro-ingredients carry-over during bucket elevator handling in feed industry: influence of process parameters, *Journal of Food Process Engineering*, DOI: 10.1111/jfpe.12031.
- Forthomme A., Andres Y., Joubert A., 2013, Evolution of microbial aerosol behaviour in heating, ventilating and air-conditioning systems - quantification of *Staphylococcus epidermidis* and *Penicillium oxalicum* viability, *Environmental Technology*, 34 (8), 993-997.
- Maroga Mboula V., Héquet V., Andrés Y., Pastrana-Martinez L.M., Dona-Rodriguez J.M., Silva A.M.T., Falaras P., 2013? Photocatalytic degradation of endocrine disruptor compounds under simulated solar light, *Water Research*, 47, 12, 3997-4005.
- Rojas C., Subrenat A., (2013) Absorption of a linear (L2) and a cyclic (D4) siloxane using different oils: application to biogas treatment. *Environ. Technol.*, 2013, 1-11.
- Leloup M., Putier F., Sollic C., Le Coq L. (2013) Micro-ingredients carry over during bucket elevator handling in feed industry: influence of process parameters. *Journal of Food Process Engineering*, JFPE-2013-Feb-0045.
- Aubert A., Candelier F., Sollic C. (2013) Study of heat transfer in a water film exposed to a radiant flux. Application to thermal protection of composite walls. *Experimental Thermal and Fluids Science*, DOI information: 10.1016/j.expthermflusci.2013.06.005

Barca C., Troesch S., Meyer D., Drissen P., Andres Y., Chazarenc F., 2013. Steel slag filters to upgrade phosphorus removal in constructed wetlands: two years of field experiments. *Environmental Science and Technology* 47(1), 549-556.

Pré P., Huchet G., Jeulin D., Rouzaud J.N., Sennour M., Thorel A., 2013, A new approach to characterize the nanostructure of activated carbons from mathematical morphology applied to high resolution transmission electron microscopy, *Carbon*, 52, 239-258.

INV : Conférences données à l'invitation du comité d'organisation dans un congrès national ou international (2)

Debono O., Héquet V., Raillard C., Thévenet F., Le Coq L., Locoge N. TiO₂ photocatalytic oxidation of indoor VOCs at ppb levels in a multi-pass dynamic reactor: influence of the mixture of VOCs on reaction intermediates concentrations, *245th ACS National Meeting*, New Orleans, LA, USA, April 7-11, 2013.

Maroga Mboula V., Héquet V., Andrés Y., Gru Y., Colin R., Dona-Rodriguez J.M., Pastrana-Martinez L.M., Silva A.M.T., Falaras P. UV-visible photocatalytic degradation of 17 β -estradiol and estrogenic activity assessment, *245th ACS National Meeting*, New Orleans, LA, USA, April 7-11, 2013.

ACTI : Communications avec actes dans un congrès international (12)

Pré P., Rouzaud J.N., Jeulin D., Thorel A., Sennour M. Activated carbon characterization from HRTEM images in relation with their microporosity. *11th International Conference on the Fundamentals of Adsorption FOA11*. Baltimore, USA. 19-24 mai 2013

Pré P., Hamon L., Jayabalan T., Dreillard M. Jarry A., Guerrini O. CO₂ removal from natural gas (Bio-SNG) by a vacuum pressure swing adsorption process: kinetic versus equilibrium separation.

11th International Conference on the Fundamentals of Adsorption FOA11. Baltimore, USA. 19-24 mai 2013

Pré P., Shiryayev A., Rouzaud J.N., Voloshchuk A. Characterization of nanoporous carbons from X-ray scattering, transmission electron microscopy and (CO₂-N₂) adsorption. *Carbon 2013*. Rio de Janeiro, Brésil. 14-19 juillet 2013

Pré P., Jagiello J. Study of ultra-microporous carbon nanostructures by transmission electron microscopy: application to modeling of adsorption isotherms with non local density functional theory accounting for pore wall corrugation. *Carbon 2013*. Rio de Janeiro, Brésil. 14-19 juillet 2013

Torres-Perez J., Gerente C. and Andres Y. Recycling of agricultural wastes into sustainable activated carbons for micropollutants removal from waters. *International Conference on Solid Waste – Innovation in Technology and Management*. Hong Kong SAR, P.R. China. 5-9 May 2013.

Hernández M., Rodríguez M., and Andres Y., Hydrogen production through anaerobic co-digestion of coffee waste and swine manure: opening the black box. 2th International Conference on Solid Waste, ICSW 2013, Innovation in Technology and Management, 5-9 May 2013, Hong Kong SAR, PR, China.

Debono O., Raillard C., Héquet V., Thévenet F., Locoge N., Le Coq L. TiO₂ photocatalytic oxidation of indoor VOCs at ppb levels in a multi-pass dynamic reactor: influence of the mixture of VOCs on reaction intermediates concentrations. *245th ACS National Meeting*. New Orleans, United States. April 7-11, 2013

Dumont E., Hamon L., Lagadec S., Landrain P., Landrain B., Andrés Y. Biofiltration of air piggy. *10th Conference on Biofiltration for Air Pollution Control*. San Francisco, USA, 4-7 March 2013.

Dumont E., Darracq G., Couvert A., Couriol C., Amrane A., Thomas D., Andrés Y., Le Cloirec P. Volumetric mass transfer coefficients characterizing VOC absorption in water/silicone oil mixtures. *10th Conference on Biofiltration for Air Pollution Control*. San Francisco, USA, 4-7 March 2013.

Allam N., Verrièle M., Chaillou K., Rospars A., Batton Hubert M., Locoge N., Le Coq L., Methodology to calculate methane surface emission in a landfill site. Sardinia 2013, 14th international waste management and landfill symposium, Santa Margherita du Pula, Italy. 30 september-4 october 2013.

Raillard C., Debono O., Héquet V., Thévenet F., Locoge N, Le Coq L. Multi-pass dynamic reactor for the study of reaction rates and intermediates during PCO of a VOC mixture at ppb levels, <i>SP4, Fourth International Conference on Semiconductor Photochemistry</i> , Prague, Czech Republic. 23-27 June 2013.
Da G., Géhin E., Ben Othmane M., Havet M., Solliec C., Motzkus, An experimental approach to measure particle deposition in large ventilation ducts. <i>European Aerosol Congress</i> . Prague, République Tchèque. 1-6 septembre 2013
ACTN : Communications avec actes dans un congrès national (4)
David P-L., Bulteau G., Humeau P., Gerente C., Andres Y. Risques environnementaux liés à la réutilisation des eaux grises pour l'irrigation des espaces verts urbains. <i>Au Service de villes durables et responsables, 92^e congrès de l'ASTEE</i> . Nantes, France. 4-7 Juin 2013.
Forthomme A., Joubert A., Andrés Y., Simon X., Bémer D., Duquenne P., Le Coq L. Evaluation des performances de filtres plans vis-à-vis d'un air semi-urbain réel - Influence de l'arrêt de la ventilation. <i>Congrès français sur les Aérosols</i> . Paris, France. 24-25 janvier 2013
Allam N., Verrièle M., Chaillou K., Rospars A., Batton Hubert M., Locoge N., Le Coq L. Introduction to estimate biogas surface emission in a landfill site: Measurement of VOC concentrations and direct modeling of methane plume. <i>SFGP 2013</i> . Lyon, France. 8-10 octobre 2013.
Matar Y, Candelier F, Solliec C, Etude expérimentale des interactions hydrodynamiques survenant lors de la nage anguilliforme dans un allée de Benard von Karman <i>Congrès Français de Mécanique</i> . Bordeaux, France. Août 2013.
COM : Communications sans actes dans un congrès international ou national (3)
David P-L., Bulteau G., Humeau P., Gerente C., Andres Y. Irrigation d'espaces verts urbains par des eaux grises brutes et traitées : risques sanitaires et environnementaux associés. <i>Utilisation des eaux usées traitées et des eaux pluviales</i> . Paris, France. 10-11 Avril 2013.
Héquet V. Elimination des Composés Organiques Volatils par photocatalyse, <i>Les 5e Rencontres Techniques de l'IDAC, Qualité de l'air intérieur et santé publique</i> , Nantes, France, 28 Mai 2013 (conférence invitée)
Andres Y. Aérosols microbiens : quels enjeux ?, <i>Les 5e Rencontres Techniques de l'IDAC, Qualité de l'air intérieur et santé publique</i> , Nantes, France, 28 Mai 2013 (conférence invitée)
AFF : Communications par affiche dans un congrès international ou national (16)
Andres Y. and Gerente C. Low cost biosorbents for precious metal ion recovery from waste treatment: a mini-review. <i>International Conference on Solid Waste – Innovation in Technology and Management</i> . Hong Kong SAR, P.R. China. 5-9 May 2013.
Ladislav S., Gerente C., Mu L., Chazarenc F., Brisson J., Andres Y. Traitement de la pollution des eaux d'un bassin de rétention autoroutier à l'aide de marais flottants. <i>Au Service de villes durables et responsables, 92^e congrès de l'ASTEE</i> . Nantes, France. 4-7 Juin 2013.
Dumont E., Darracq G., Couvert A., Couriol C., Amrane A., Thomas D., Andrés Y., Le Cloirec P. VOC absorption in water/silicone oil mixtures. <i>9th European Congress of Chemical Engineering</i> . Den Haag, Pays-Bas, 21-25 April 2013.
Hamon L., Chenoy L., De Weireld G. Simple method based on the potential theory for buoyancy effect correction of pure gases adsorption and gas mixtures adsorption. <i>International Conference on the Fundamentals Of Adsorption</i> . Baltimore, USA. 19-24 mai 2013
Forthomme A., Joubert A., Andrés Y., Simon X., Bémer D., Duquenne P., Le Coq L. Traitement statistique des données de qualité microbiologique d'un air semi-urbain en amont et en aval d'un média fibreux filtrant. <i>SFGP2013 - XIV^e congrès de la Société Française de Génie des Procédés</i> . Lyon, France. 8 -10 octobre 2013
Gonzalez L., Gouriou Y., Joubert A., Andrés Y., Delahaye C., Berthelot N., Chaucherie X., Le Coq L. Conception et validation d'un pilote de filtration – concept de mini-cta – pour l'étude du comportement des aerosols particulaires. <i>Congrès français sur les Aérosols</i> . Paris, France. 24-25 janvier 2013
Gonzalez L., Joubert A., Andrés Y., Delahaye C., Berthelot N., Chaucherie X., Le Coq L. Study of filtration performances of fibrous media: comparison between flat and industrial-geometry prototypes filters. <i>European Aerosol Congress</i> . Prague, République Tchèque. 1-6 septembre 2013

Gonzalez L., Joubert A., Andrés Y., Delahaye C., Berthelot N., Chaucherie X., Le Coq L. Development and Validation of a Laboratory-Scale Air Handling Unit (AHU) for the Study of Aerosols Behaviour on Prototype Fibrous Filters. <i>IAQ 2013 Environmental Health in Low Energy Buildings</i> . Vancouver, Canada. 15 – 18 octobre 2013
Tran D.T., Ounoughene G., Fleury D., Venditti D., Durécu S., Joubert A., Fiani E., Meunier T., LE Bihan O., LE Coq L. Projet NANOFlueGas : caractérisation de l'émission de nanoparticules lors de l'incinération de déchets contenant des nanomatériaux manufacturés. <i>Congrès français sur les Aérosols</i> . Paris, France. 24-25 janvier 2013
Ounoughene G., Chivas-Joly C., Le Bihan O., Longuet C., Debray B., Motzkus C., Durécu S., Venditti D., Joubert A., Le Coq L., Lopez-Cuesta J.M. Thermal behavior of nanocomposites during their disposal thermal treatment. <i>14th European Meeting on Fire Retardant Polymers FRPM13</i> . Lille, France. 30 juin – 4 juillet 2013
Ounoughene G., Le Bihan O., Chivas-Joly C., Longuet C., Joubert A., Motzkus C., Venditti D., Durécu S., Debray B., Lopez-Cuesta J.M., Le Coq L. Characterization of aerosols emitted during the incineration of nanocomposites. <i>European Aerosol Congress</i> . Prague, République Tchèque. 1-6 septembre 2013
Batault F., Thevenet F., Gravejat P., Héquet V., Locoge N., Le Coq L. Characterization of VOC Adsorption on TiO ₂ for Indoor Air Treatment Applications. <i>11th European Congress on Catalysis - EuropaCat-XI</i> . Lyon, France. September 1 st -6 th , 2013
Falaras P., Likodimos V., Romanos G.E., Kontos A.G., Hiskia A., Silva A.M.T., Dona-Rodriguez J.M., Héquet V., Dionysiou D.D., Nanotechnology driven photocatalytic water purification, <i>4th IC4N-2013 conference</i> , Corfu, Greece, 16-20 June 2013
Héquet V., Maroga Mboula V., Andrés Y., Dona-Rodriguez J.M, Falaras P., Degradation of 17b-estradiol using nanostructures UV-visible photocatalysts and estrogenic activity assessment, <i>ECCE9</i> , The Hague, The Netherlands, 21-25 April 2013
Maroga Mboula V., Héquet V., Andrés Y., Dona-Rodriguez J.M., Dionysiou D.D., Falaras P. Effective catalysts under solar light for the removal of endocrine disruptors, <i>SFGP13-XIV^e congrès de la Société Française de Génie des Procédés</i> , Lyon, France, 8-10 Octobre 2013
Khalaphallah R., Maroga Mboula V., Héquet V., Andrés Y., Pelaez M., Dionysiou D.D. Greywater treatment for reuse : study of pathogenic microorganisms and phage survival using photolysis and photocatalysis treatments , <i>245th ACS National Meeting</i> , New Orleans, LA, USA, April 7-11, 2013
OS : Ouvrages scientifiques (ou chapitres de ces ouvrages) (3)
Le Cloirec P., Pré P., (2013) Risques et prévention dans les installations d'adsorption de COV. <i>Les Techniques de l'Ingénieur</i> . Thème Génie des Procédés et Protection de l'Environnement, J3930, 1-20.
Torres-Perez J., Gerente C. and Andres Y. (2013) Recycling of agricultural wastes into sustainable activated carbons for micropollutants removal from waters. <i>Proceedings of the International Conference on Solid Waste – Innovation in Technology and Management, Edited by J.W.C. Wong, M. Nelles, R. D. Tyagi and A. Selvam, ISBN 978-988-19988-5-9.</i>
Hernández M., Rodríguez M., and Andres Y., Hydrogen production through anaerobic co-digestion of coffee waste and swine manure: opening the black box. <i>Proceedings of the International Conference on Solid Waste – Innovation in Technology and Management, Edited by J.W.C. Wong, M. Nelles, R. D. Tyagi and A. Selvam, ISBN 978-988-19988-5-9.</i>
AP : Autres productions (rapports de recherche...)
TH : Thèses soutenues (2)
ROJAS DEVIA Carolina <i>Biogaz en vue de son utilisation en production d'énergie : séparation des siloxanes et du sulfure d'hydrogène</i> . Co-financement : allocation Mines Nantes et abondement Carnot Mines. Soutenue le 11 février 2013. Directeur de thèse : Albert Subrenat.
MATAR Younes. <i>Etude expérimentale de la nage anguilliforme : application à un robot biomimétique</i> . Financement : programme européen Angels. Soutenue le 21 mars 2013. Directeur de thèse :

Camille Sollic, Encadrement : Fabien Candelier.

HDR soutenues

CHAZARENC Florent, Traitement des eaux usées par des bio-procédés extensifs - Analyse multi-échelle et développement d'intensifications pour l'enlèvement de nutriments et de micropolluants. Soutenue le 10 juillet 2013.

Axe « Matrices et Aliments : Procédés, Propriétés, Structure, Sensoriel » MAPS²

Responsable : A. LE BAIL (ONIRIS)

Adjoint au responsable : R. DETERRE (Université de Nantes)

Secrétaire scientifique : E. LEROY (CNRS)

Chercheurs permanents

Le nombre de chercheurs permanents (24) est stable, avec quelques changements : le départ d'Hélène Simonin en septembre 2012, remplacée Laurence POTTIER, arrivée par mutation, et le départ de Gaëlle ARVISENET, en disponibilité depuis 2011, qui a été remplacée par Clement CATANEO en juillet 2013.

Les personnes sont réparties sur 3 sites : ONIRIS (Nantes), IUT de Nantes (Carquefou) et CRTT (Saint Nazaire).

Deux chercheurs (D. COUEDEL et J. LAUNAY) recrutés en CDI par la filiale de valorisation de l'Université de Nantes CAPACITES travaillent en collaboration étroite avec l'équipe sur le site de Carquefou.

Une chargée de recherche (A. VILIERE) a été recrutée en CDI début 2013 (poste CDI d'Etat rattachée au Ministère de l'Agriculture) et un second chargé de recherche devrait être embauché en CDI à ONIRIS fin 2013 (la Direction a donné son accord). Ces deux chargés travailleront principalement avec C. PROST sur la thématique des arômes et propriétés organoleptiques des aliments du fait de nombreux projets en cours sur ce thème.

N. ALLANIC	Maître de Conférences, UNantes (intég. en sept 2008)
A. ARHALIASS	Professeur, Université de Nantes
S. BELHABIB	Maître de Conférences, UNantes (intég en sept 2008)
C. CATANEO	Maître de Conférences, ONIRIS
G. COLOMINES	Maître de Conférences, UNantes (intég en sept 2010)
R. DETERRE	Professeur, UNantes (intég en jan 2008)
F. FAYOLLE	Professeur, ONIRIS
J. GRUA	Maître de Conférences, ONIRIS
M. DE LAMBALLERIE-ANTON	Professeur, ONIRIS
A. LE BAIL	Professeur, ONIRIS
L. LE THUAULT	Maître de Conférences, ONIRIS
E. LEROY	Chargé de Recherches, HdR, CNRS
C. LOISEL	Maître de Conférences, ONIRIS
J.Y. MONTEAU	Maître de Conférences, HdR, ONIRIS
P. MOUSSEAU	Professeur, Univ de Nantes
C. NICOLAZO	Maître de Conférences, UNantes (intég en jan 2008)
I. PETIT	Maître de Conférences, UNantes (intég en jan 2008)
D. PONCELET	Professeur, ONIRIS
L. POTTIER	Maître de Conférences, ONIRIS
C. PROST	Professeur, ONIRIS
A. SARDA	Maître de Conférences, UNantes (intég en jan 2008)
T. SEROT	Professeur, ONIRIS
F. TEXIER	Maître de Conférences, ONIRIS
P. VACHOT	Maître de Conférences, UNantes (intég en jan 2008)

Personnels techniques (4 permanents, 4 contractuels)

C. FILLONNEAU (Tr)
C. MARZIN (Tr)
M. MOREAU (Tr)
A. VILLIERE (IR Oniris – groupe flaveur depuis janv 2013)
D. COUEDEL (CDI CAPACITES)
J. LAUNAY (CDI CAPACITES)
V. CLAUDIN (contractuel ONIRIS – Technicien Capteurs et interface informatique)
Y. MADEC (contractuel UNantes)
A. SORIN (contractuel ONIRIS – Technicien Conception mécanique)
C. RANNOU (contractuel ONIRIS – Projet Arôme) – poste amené à CDI en fin 2013

Post-doctorants

E. XANTHAKIS – Région – Electrofreezing – ONIRIS (Février 2012 – juin 2013), puis contrat industriel sur sujet congélation (septembre 2013 – décembre 2013)

L. SCIARINI – Région, Programme LIMPONAN, collaboration INRA-BIA (avril 2013-avril 2014).

F. DURANTON – Projet FUI MEATIC, collaboration INRA-BIA (avril 2013-avril 2014).

Doctorants

2 Soutenances prévues d'ici fin 2013

G. COATIVY « Optimisation des propriétés de mémoire de forme de l'amidon: Rôle des procédés thermomécaniques et apport de l'introduction de nanocharges » Début 01/10/2010, Soutenance prévue le 27 novembre 2013, Directeur de Thèse : Eric Leroy 50%, Co-directeur de thèse : Denis Lourdin (INRA) 50%. Situation actuelle : doctorant MAPS/GEPEA, financement CNRS/Région des Pays de la Loire.

A. SANKRI « Production et enrichissement nutritionnel des chapelures par extrusion » Début 01/10/ 2009, fin prévue 30/09/2013. Directeur de Thèse : Abdellah Arhaliass, 100%, Bourse Franco-Syrienne.

17 Thèses en cours

R. AZEMAR « Etude d'un procédé innovant pour la production de miel » Début 01/10/2011, Fin prévue : octobre 2014. Encadrement : Alain Le BAIL, Directeur de thèse (80%), Olivier ROUAUD MC ONIRIS – Co encadrant (20%), Situation actuelle : doctorant MAPS/GEPEA, financement CIFRE

A. BIDORET « encapsulation d'enzymes » Début : 01/10/2012, fin prévue 01/11/2015, Encadrement : directeur de thèse : Denis Poncelet, co-directeur de thèse : Laurent Cauret (ISPA) Situation actuelle : doctorante MAPS/GEPEA/ISPA, Financement : ISPA et société Kerbios.

P. DECAEN « Thermoplastification d'amidon par des plastifiants ioniques : application à l'élaboration de mélanges et de » Début 01/01/2012, Fin prévue 31/12/2014, Directeur de Thèse : Eric Leroy 40%, Co-directeur de thèse : Denis Lourdin (INRA) 40%, Co-encadrant : Gaël

Colomines 20%. Situation actuelle : doctorant MAPS/GEPEA, financement Région des Pays de la Loire (Projet LIMPONAN).

M. DENAVAUT « Thèse confidentielle : Contribution du procédé hautes pressions à la stabilisation de produits de santé en termes physicochimique et microbiologique » Début : 01/04/2012, fin prévue 02/05/2015. Encadrement : Directrice de Thèse : Marie de Lamballerie, co-encadrement C. Verret (Université de Bordeaux). Situation actuelle : doctorant MAPS/GEPEA, Financement : Industriel du domaine pharmaceutique.

S. GUIBERT « Thèse confidentielle : produits céréaliers de cuisson » Début : 01/01/2013, fin prévue 01/01/2015, Encadrement : directeur de thèse : Alain Le Bail, co-encadrement V. JURY. Situation actuelle : doctorant MAPS/GEPEA, Financement : CIFRE + Société St Michel.

M. GUILLOUX « Evaluation sensorielle de produits réduits en sel, sucre et matière grasse » Début 01/10/2011, Fin prévue : octobre 2014. Encadrement : Carole PROST, Directeur de thèse (50%), Laurent LETHUAUT MCF - ONIRIS – Co encadrant (40%), Alain LE BAIL, PR ONIRIS, co-encadrant (10%). Situation actuelle : doctorant MAPS/GEPEA, financement projet Européen PLEASURE.

C. GUYON « Effets des hautes pressions sur l'oxydation des protéines et des lipides dans la viande bovine » Début : 01/10/2009. Thèse en formation continue. Directrice de Thèse : Marie de Lamballerie, co-encadrement : Anne Meynier, INRA Nantes. Situation Actuelle : Doctorant MAPS GEPEA, Financement : MAP-ONIRIS.

A. HARKOUS « Optimisation de l'injection des Silicones » Début : 01/01/ 2011, fin prévue 31/12/2013, Directeur de thèse P.Mousseau 40%, co-directeur Rémi Deterre 30%, co-encadrant G. Colomines 30%. Situation actuelle : doctorant OPERP / GEPEA, financement FUI.

N. HESSO « Optimisation de la substitution d'amidon sur une recette "layer cake" en vue d'améliorer sa texture et ses propriétés nutritionnelles » Début 2011, fin prévue 2014. Encadrement : Directeur de thèse A. le Bail, co-encadrement : S. Chevallier et C. loisel. Situation actuelle : doctorante MAPS/GEPEA, Financement : bourse syrienne (1an) puis fonds propres laboratoire.

E. KARAOGLAN « optimisation de l'enrobage en lit d'air fluidisé ». Début : 01/10/2011, fin prévue 01/11/2014. Encadrement : D. Poncelet, directeur de thèse. Situation actuelle : doctorant MAPS/GEPEA, Financement : projet européen Marie Curie POWTECH.

M. LAPORTE « Etude de l'écoulement diphasique à l'échelle milli/micrométrique : application aux mousses/émulsions » Début : 01/10/2011, Fin prévue 30/09/2014. Directrice de Thèse : Agnès Montillet, Co-encadrants : Catherine Loisel et Alain Riaublanc (INRA), Situation Actuelle : Doctorant MAPS GEPEA, Financement : Bourse MENSR.

F. LEMEUNIER « Analyse expérimentale et numérique des transferts de chaleur dans le procédé d'impression par transfert thermique » Début : 01/09/2010, fin prévue 01/09/2013, Directeur de thèse P.Mousseau 40%, co-encadrants N. Allanic 30%, S. Belhabib 30%. Situation actuelle : doctorant OPERP / GEPEA, financement CIFRE.

G. LERAY « Formulation de produits céréaliers réduits en sel, sucre et matières grasses » Début 01/10/2011, Fin prévue : octobre 2014. Encadrement : Alain Le BAIL, Directeur de thèse (50%), Sylvie CHEVALLIER, IR - ONIRIS – Co encadrant (50%). Situation actuelle : doctorant MAPS/GEPEA, financement projet Européen PLEASURE.

E. MARTINS « encapsulation et microfluidique ». Début : 01/10/2012, fin prévue 01/11/2015, Encadrement : co-directeur de thèse : Denis Poncelet, co-directeur de thèse : Denis Renard (INRA Nantes) Situation actuelle : doctorant MAPS/GEPEA, Financement : Programme Sciences Sans Frontière (Brésil).

C. PETEL « Role du levain sec dans le développement de l'arôme du pain » Début : 01/12/2012, fin prévue 01/01/2016. Encadrement : Carole Prost Directrice de Thèse (50%),

Bernard Onno, coencadrant (50%). Situation actuelle : doctorante MAPS/GEPEA, Financement : CIFRE (Groupe SOUFLET).

A. RZIGUE « Etude de la cuisson en moule, problèmes d'adhésion » Début : 01/10/2013, fin prévue 01/11/2016, Encadrement : co-directeur de thèse : Jean yves Monteau, co-directeur de thèse : Alain le Bail, co-encadrante : Vanessa Jury Situation actuelle : doctorante MAPS/GEPEA/ISPA, Financement : Projet ANR SATIN.

G. VILLAMONTE « Haute pressions appliquées à la texturation des protéines et ACV » Début 01/11/2011, fin prévue 01/12/2015. Encadrement : Marie de Lamballerie, Directrice de Thèse, Vanessa Jury, co-encadrante. Situation actuelle : doctorante MAPS/GEPEA, financement : Région des Pays de la Loire /Ministère de l'Agriculture.

Problématique scientifique

L'équipe MAPS² (Matrices et Aliments, Procédés-Propriétés, Structure-Sensoriel) s'est structurée autour de la réunion de l'axe Ingénierie du Produit et de l'axe Procédés Frigorifiques ; elle a été établie en 2008 dans l'esprit de fédérer les applications liées aux changements de phase et au génie réactionnel avec deux champs applicatifs : l'agroalimentaire et les élastomères / plastiques. Cet axe a intégré l'équipe de Biochimie – Arôme des aliments et l'ERT OPERP. L'équipe MAPS² est multi-sites. Un professeur et un CR sont localisés au CRTT de St Nazaire alors que le plus gros de l'équipe se trouve à l'IUT de Nantes (OPERP) et à ONIRIS – Nantes.

Les procédés pris en compte sont multiples et sont liés à des transformations chimiques ou physiques, agissant sur la structure finale de la matrice. Ils peuvent agir dans le sens d'une **structuration** allant des matières premières vers un produit fini incluant la formulation initiale et des objectifs de structure et de propriétés finales. On retrouve ici la plupart des applications de MAPS. Cependant, certains procédés peuvent agir dans le sens d'une **déstructuration** allant d'un produit fini vers un produit déstructuré. On retrouve ici quelques applications singulières telles que le traitement de recyclage de polymères synthétiques ou encore la mastication de matrices alimentaires (qui inclut des réactions chimiques, du cisaillement, une déstructuration ...).

Les transformations chimiques et physiques, agissant sur la structure, sont souvent couplées au sein des procédés. Dans le cas des aliments, on s'intéresse aux propriétés d'usage telles que la texture, les arômes et la qualité organoleptique des aliments. Dans le cas des matériaux, on s'intéresse à des propriétés mécaniques, de structure, L'énergie est aussi un paramètre important à prendre en compte. **Des modèles mécanistiques** sont développés pour comprendre l'effet des variables d'action sur les transformations en cours et pour optimiser les procédés ou encore pour identifier des paramètres physiques, des paramètres réactionnels, des paramètres de structure ... et suivre leur évolution au cours du procédé. Dans ce cas le procédé devient un outil de caractérisation.

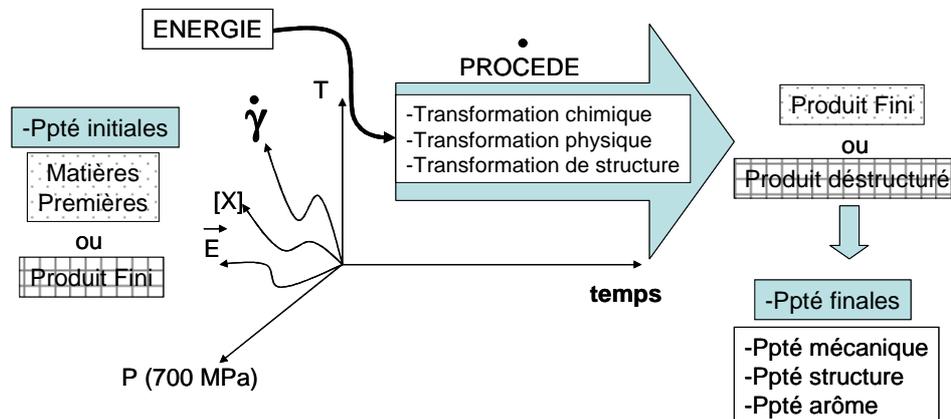


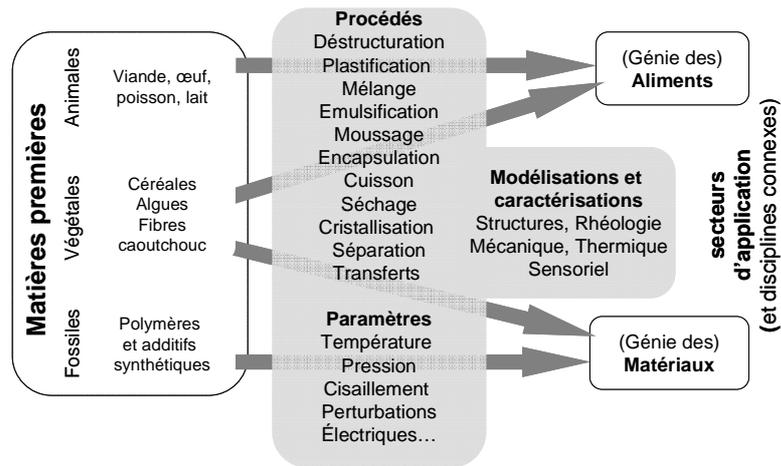
Schéma conceptuel des paramètres physiques pris en compte (Température, pression, cisaillement, champ électrique, concentration...) et des propriétés d'usage d'intérêt pour les projets menés dans l'équipe MAPS².

Les domaines d'application sont donnés ci-dessous. On retrouve des matières premières diverses pour la plupart biosourcées qui sont transformées en aliments ou en matériaux.

Les trois axes stratégiques de recherche sont :

- La maîtrise des transformations physiques et chimiques,
- Les interfaces et systèmes dispersés,

-Les problématiques arôme et sensoriel en interaction avec les procédés.



Domaines d'applications des projets menés dans l'équipe MAPS²

Le projet MAPS² pour le quinquennal (2012-2017)

Le projet scientifique de l'équipe MAPS² s'articule sur trois lignes scientifiques qui concernent aussi bien le domaine agroalimentaire que matériaux:

- Maintenir et renforcer l'image de marque de l'équipe qui se veut une vision intégrative (démarche génie des procédés) de l'étude des procédés et de leur effet sur les matrices.
- Développer l'expertise dans le domaine des polymères biosourcés et globalement dans une approche « développement durable » (recyclage, matériaux biosourcés...).
- Développer l'expertise dans le domaine sensoriel en travaillant sur la phase de déstructuration des matrices ; une seconde version de la bouche artificielle vient d'être brevetée et effectuée et il est prévu de la coupler à différents détecteurs.

Axe MAPS² : Faits marquants de la période 2012-2013

Colloques et workshops organisés à Nantes

- Dans le cadre du Groupe SFGP Ouest, nous avons un colloque interrégional commun avec la section Ouest du Groupe Français des Polymères (GFP), et la participation des pôles de compétitivité EMC2 et ELASTOPOLE, qui s'est tenu à Carquefou du 15 au 17 mai 2013 (<http://www.gfp-sfgpouest2013.univ-nantes.fr/>), avec 65 participants.
- La 5^{ème} Training School on Bioencapsulation (<http://bioencapsulation.net>) a été organisée à ONIRIS du 9 au 12 avril 2013.

Programmes régionaux :

3 nouveaux programmes en démarrage

- **Programme régional MAMBO** (2013-2015) visant à caractériser l'origine de la variabilité des propriétés moussante du blanc d'œuf, pour aller vers la maîtrise de la qualité fonctionnelle par le procédé. Le projet labellisé par VALORIAL est porté par ADRO OUEST (association de 7 entreprises du domaine des ovoproduits et piloté par Agrocampus Rennes. Catherine LOISEL (GEPEA/ONIRIS) est en charge de l'amélioration du pouvoir moussant par l'utilisation d'un procédé innovant (mélangeur statique). Un ingénieur de recherche sera recrutée en 2014 sur ce projet (9 mois).
- **Programme régional KYDYSALT** (2013-2016) sur l'étude de l'« Acceptabilité par les enfants de produits réduits en sel ». Ce projet labellisé par NOVACHILD fait intervenir 3 groupes industriels et différentes équipes de recherche d'ONIRIS. Carole Prost (GEPEA/ONIRIS) est coordinatrice du projet. Participation de F. Texier en charge de l'analyse sensorielle. Un ingénieur de recherche de 27 mois a été recruté dans le cadre du projet.
- **Programme Régional MATIERES** (2013-2016) « MATériaux et Interfaces pour l'Environnement et l'exploitation des RESsources Biologiques ». Ce programme structurant est piloté par l'INRA de Nantes et regroupe 10 laboratoires et un industriel. L'objectif triple est la conception :
 - o de nouveaux matériaux à base de ressources renouvelables (bois, agroressources, élastomères) issus de la réutilisation de déchets biosourcés (déchets de bois ou d'élastomères) en lien avec les filières industrielles (bois, élastomères, recyclage) présentes en Pays de la Loire.
 - o des matériaux innovants pouvant se substituer à ceux issus de la chimie du pétrole et qui incorporent des ressources renouvelables notamment en mettant en oeuvre des nouveaux procédés présentant un plus faible impact environnemental.
 - o des dispositifs ou capteurs de suivi des polluants issus des matériaux recyclés ou des procédés de fabrication des matériaux.

Remi Deterre (GEPEA/Université de Nantes) est en charge d'une action sur le recyclage du caoutchouc, et Eric Leroy (GEPEA/CNRS) est responsable d'une action sur la

valorisation des particules de bois. Deux postdocs (24 et 18 mois) seront recrutés durant le projet.

6 programmes en cours

- **Programme LIMPONAN** « Liquides ioniques et Matériaux Polymères Naturels Novateurs » : Pari scientifique régional soutenu par la Région des Pays de la Loire (2011-2015) en collaboration avec l'unité INRA BIA de Nantes. Le Projet de recherche porte sur l'élaboration de matériaux fonctionnels à base d'amidon et de liquides ioniques par des procédés thermomécaniques. Coordonateur : Eric Leroy (CNRS/GEPEA). Ce programme a donné lieu au financement de la thèse de Paul Decaen et au postdoc de Lorena Sciarini.
- **Programme COMPLIMA** « Matériaux Avancés pour la compétitivité des entreprises ligériennes ». Projet d'émergence collective soutenu par la Région des Pays de la Loire (2011-2013). L'axe sur lequel intervient le GEPEA concerne le recyclage des matériaux polymère et leur réutilisation dans les procédés plasturgiques. Coordonateur : Jean François Tassin (Université du Maine) (Participants : Rémi Deterre, Isabelle Petit)
- **Programme COSIVEG** : projet d'émergence collective soutenu par la Région des Pays de la Loire (2010-2013) sur la mise en place de techniques innovantes en analyse sensorielle appliquée aux végétaux en collaboration avec l'ESA d'Angers (porteur du projet), ONIRIS-USC, ONIRIS-Largecia, AUDENCIA, INRA-Nantes-Angers (participants : Carole Prost, Florence Texier, Gaele Arvisenet). Ce programme a donné lieu au financement de la thèse de Mathilde Charles.
- **Programme PANSENS** (2010-2013) sur la mise au point d'une baguette traditionnelle hyposodée et enrichi en fibres en collaboration avec l'INRA de Nantes, Food Développement, l'IHT (Institut de l'Homme et de la Technologie) et 5 groupes industriels (participant : F. Texier)
- **Programme BIOCOMBA** (développement d'emballages plastiques biosourcés à base de polyhydroxyalcanoates) : Projet soutenu par le pôle VALORIAL et la Région Bretagne (2012-2014). Coordonateur : Stéphane Bruzard (Université de Bretagne Sud), Correspondant GEPEA : Eric Leroy.
- **projet Régional CRISALT** (Région – VALORIAL – 2012 - 2014) : Ce projet associe des laboratoires et des industriels agroalimentaires des régions Bretagne et Pays de La Loire. Il vise au développement de produits à teneur réduite en sel. ONIRIS travaillera sur une matrice modèle de type Biroche et sur une matrice viande.

Programmes nationaux :

3 nouveaux programmes en démarrage

- **projet FUI MEATIC** (2013-2016). Ce programme de recherche implique 5 partenaires (3 académiques et 2 groupes industriels). Le projet MEATIC, labellisé par VALORIAL, vise à développer une gamme de solutions alimentaires innovantes et naturelles pour la charcuterie et les produits de charcuterie-salaison « clean label » associés, afin d'en améliorer les profils nutritionnels notamment par la réduction de l'utilisation de sel, de matières grasses et d'additifs. Un travail sur la matière première sera réalisé : utilisation raisonnée des matières premières animales, incorporation de nouveaux ingrédients fonctionnels d'origine végétale, formulation pour la réduction des additifs. Un autre volet sera approfondi concernant la préservation alimentaire par l'étude de solutions naturelles d'emballage. Dans ce programme, la contribution du GEPEA porte sur les conséquences

physico-chimiques et organoleptiques des procédés sur les produits carnés et sur la méthodologie de l'analyse du cycle de vie appliquée aux produits de charcuterie. Coordinatrices : Marie de Lamballerie et Laurence Pottier. L'assiette globale du projet est de 2,3 M€. Les 200 k€ affectés au laboratoire permettent notamment de financer 2 ans de contrat post-doctoral.

- **Projet PEPS BIOMIM CELLWALL** (2013-2014). Ce projet exploratoire (CNRS INSIS), vise à tester un nouveau concept bioinspiré et peu énergivore permettant l'élaboration de tubes composites cellulose-cellulose. Le procédé est basé sur des dépôts couche par couche alternant des nano-whiskers de cellulose et de la cellulose amorphe, obtenue par précipitation à partir de solutions. Les structures tubulaires multilamellaires obtenues seront caractérisées du point de vue structural et thermo-hydro-mécanique, et comparée à des films composites cellulose-cellulose massifs « classiques » obtenus par mélanges puis précipitation de solutions de cellulose avec des suspensions de nano-whiskers de cellulose. Les applications potentielles concernent l'élaboration de tubes permettant la vascularisation de pièces composites. Le projet est coordonné par Benoit Duchemin (Université du Havre, UMR CNRS 6294 LOMC) et fait intervenir le GEPEA (Eric Leroy) et l'Unité INRA BIA.
- **Programme NEOMATOX** (2013-2015) : Soutenu par le Plan Cancer, ce projet vise à étudier les effets composés néoformés à partir d'une alimentation en viande rouge sur l'apparition du cancer colorectal. Il piloté par l'INSERM et fait intervenir des laboratoires de l'INRA et des Universités de Rennes et Toulouse. Denis Poncelet (GEPEA/ONIRIS) est en charge de l'étude de l'encapsulation de molécules au niveau colorectal. Un ingénieur d'étude à été recruté pour 18 mois.
- **Programme PROFIL** (2014-2020) : Soutenu par les régions Bretagne et pays de la Loire, ce projet vise dans un contexte de suppression des quotas de production laitiers pour 2014-2015 à trouver de nouveaux produits et usages au lait (protéines de lait en particulier). Organisé autour de la "Milk Valley" qui représente l'association des industriels, des chercheurs et des régions Bretagne et Pays de la Loire, ce projet rassemble sept partenaires académiques et un pool d'industriels du grand ouest. Le budget est de 18,4 millions d'euros sur six ans. ONIRIS-GEPEA a un budget d'environ 250 000 euros et s'intéressera aux arômes et à l'encapsulation.

4 Programmes en cours

- **programme FUI INNOVEG** (2010-2014) est un programme de recherche qui comprend 3 partenaires (1 académique : ONIRIS et deux groupes industriels). Le projet INNOVEG, labellisé par VALORIAL, s'inscrit dans une perspective de développement d'aliments sains et de qualité, basés sur des ingrédients innovants naturels multifonctionnels. Dans ce programme, GEPEA-Flaveur assure l'expertise scientifique avec une demande forte sur le domaine aromatique et la réalisation analytique. Coordinateur : Carole Prost, participants : T. Serot, A. Villière, C. Rannou). L'assiette globale du projet est de 3 M€ Les 550 k€ affectés au laboratoire permettent notamment de financer 4 ans ½ d'ingénieurs de recherche contractuels.
- **Programme national INNOVAROMA** (2011-2014) INNOVations pour l'analyse des AROMes des vins et des cidres implique 7 laboratoires et 2 entreprises. Il propose d'établir des corrélations multiples sur des vins de la région pays de Loire et Bourgogne à l'aide de données issues de l'approche sensorielle holistique, de l'olfactométrie résolutive, de l'analyse quantitative de composés, de l'aromatique alimentaire. Coordinateur : Carole Prost, participants : L. e thuaut, A. Villière. 210 k€ sont affectés au laboratoire pour ce projet.

- **Le programme FUI « SILICONE LSR »** est un programme de recherche qui comprend 13 partenaires (11 industriels et 2 laboratoires publiques). Il est labellisé par les pôles de compétitivité PLASTIPOLIS et ELASTOPOLE. La majeure partie des partenaires est située dans la région Rhône-Alpes. Dans ce programme, la contribution du GEPEA-OPERP doit permettre l'optimisation de la formulation des silicones liquides et des conditions d'injection au regard du comportement thermique, rhéologique et cinétique du matériau en écoulement et lors de son surmoulage sur un insert thermoplastique. Les 480 k€ affectés au laboratoire permettent notamment de financer une thèse (A. ARKOUS), du temps technicien et du temps d'ingénierie (calcul). L'assiette globale du projet est de 6 M€.
- **Projet ANR-ALID «SATIN»** (Safe Tin Bread www.satin-baking.fr) (2012-2015) : Ce projet ANR d'une durée de 4 ans a commencé en janvier 2012 ; il est coordonné par A. LE BAIL (ONIRIS). Le projet SATIN vise à améliorer la qualité des pains de type pain de mie et biscotte et à développer des technologies résultant en un meilleur contrôle des risques chimiques associés au revêtement antiadhésif des moules et une réduction de l'énergie de cuisson. Partenaires ; AgroParisTech - Ingénierie procédés Aliment, IRSTEA - UR Technologie des équipements agroalimentaires, HOLO3 (PME Systmes optiques), MAE – Moules : industrie des moules, ONIRIS - LABERCA: Laboratoire d'étude des résidus et contaminants dans les aliments, ONIRIS-UMR GEPEA, Univ. de Haute-Alsace - Laboratoire de Photochimie et d'Ingénierie Macromoléculaires - Budget 1 M€. Labellisation VALORIAL et PLASTIPOLIS

Programmes Européens et internationaux:

1 nouveau programme

- **Projet LEO** (en négociation, Budget prévisionnel 1,3 M€, dont 130 k€ pour le GEPEA) Suite au brevet d'un four à chauffage infrarouge par le CNRS en 2009 (issu du projet européen EU-FRESHBAKE coordonné par Oniris), ce projet vise à mettre en application le brevet et à commercialiser des fours « batch » et des fours continus à convoyage. Alain Le Bail (GEPEA/ONIRIS) est responsable scientifique pour le laboratoire

NB : L'effort de montage de projets européens a été important en 2012-2013, avec peu de réussite : 7 projets ont été déposés, dont un en tant que coordinateur: 3 projets en 2012 sur l'AAP dédié aux PME et 4 projets en 2013 sur l'AAP agroalimentaire. Dans l'ensemble, les projets ont obtenu des notes proches de 10/15.

2 programmes en cours

- **Réseau thématique Marie Curie POWTECH** (2010-2015) : Ce projet de recherche et formation est centré sur La caractérisation des poudres et leur transformation. Le consortium comprend 22 Laboratoire universitaires et partenaires industriels. La thèse de Emre Karaoglan démarrée fin 2011 sur l'optimisation de l'enrobage en lit fluidisé est financée par le programme.
- **projet PLEASURE (FP7 – 2012 – 2015)** : 16 partenaires académiques et industriels participent à ce projet européen coordonné conjointement par BIOZON (PME-Allemagne) et par ONIRIS (A. Le BAIL Coordinateur Scientifique). Le projet PLEASURE vise à réduire la teneur en sel, sucre et matières grasses saturées des aliments en travaillant principalement sur le procédé plutôt que sur la substitution (« novel processing approaches for the development of food products low in fat, salt and sugar reduced »). D'un budget de 3 M Euros dont 35% dédié aux PME, ce projet héberge deux thèses à ONIRIS. La thèse de G. Leray vise à mieux comprendre le rôle du sel et du sucre dans la structuration de pâte de type pâte pizza et pâte feuilleté. Des technologies de pétrissage

innovants seront développées. La thèse de M. Guilloux porte sur la perception du salé et du sucré en cours de mastication. Une bouche artificielle existante est en cours d'évolution pour pouvoir apprécier la libération des sapides en cours de mastication.

Zoom sur :

Utilisation d'additifs fonctionnels ioniques dans les procédés d'élaboration d'aliments et de matériaux

Alain Le Bail et Eric Leroy

Une problématique transversale matériaux-aliments s'est développée autour de l'utilisation de composés ioniques dans les matrices amylacées, suite aux travaux initiés par Eric Leroy avec l'Unité INRA BIA sur la thermoplastification de l'amidon par des liquides ioniques. En effet, certains de ces sels peuvent être biocompatibles et comestibles et utilisés en panification.

1. Liquides ioniques biodégradables dans l'amidon thermoplastiques

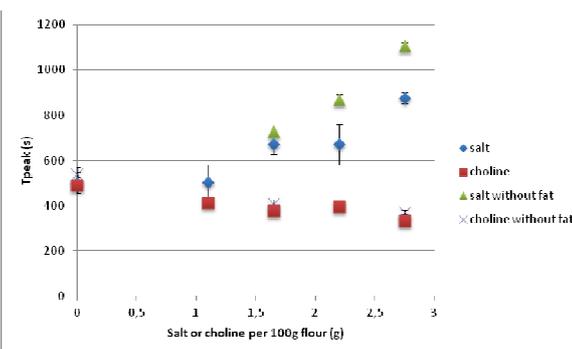
Le projet LIMPONAN est développé en collaboration avec l'Unité INRA BIA, avec le soutien de la Région des Pays de la Loire. L'objectif principal est la compréhension et la maîtrise des phénomènes de thermoplastification de l'amidon et de compatibilisation de mélanges amidon / protéines et de biocomposites amidon / cellulose, par des liquides ioniques biodégradables.

Nous avons notamment mis en place un laboratoire de synthèse chimique nous permettant de synthétiser des liquides à base de chlorure de cholinium (vitamine B4), qui permettent selon l'anion associé de solubiliser et de thermoplastifier l'amidon par extrusion et/ou de solubiliser la cellulose. Parallèlement, une collaboration a été initiée avec l'Université de Leicester (Pr. Andrew Abbott), qui développe des mélanges eutectiques de chlorure de choline avec des donneurs d'hydrogène (glycérol, urée ...). Ces Deep eutectic solvents (DES) possèdent des propriétés proches de celles des liquides ioniques et nous ont permis de compatibiliser des mélanges amidon (hydrophile) / protéine (hydrophobe). Des travaux récents[1] montrent la présence de ce type de composés dans de nombreuses plantes, avec semble-t-il un « rôle de solvant commun » pour des molécules hydrophiles et hydrophobes. Notre approche est donc peut-être en train de se révéler biomimétique.

2. Influence de composés ioniques sur le pétrissage et le rassissement du pain

Dans le cadre du projet Européen PLEASURE qui porte sur la réduction de sel, sucre et matières grasses, des travaux ont été engagés pour évaluer l'intérêt du chlorure de choline comme substitut au sel (chlorure de sodium). Le chlorure de choline rentre dans la catégorie des liquides ioniques; c'est également une vitamine hydrosoluble (vitamine B4) largement utilisée comme additif alimentaire en alimentation animale (volailles et porcs) et également en alimentation humaine. La choline est nécessaire pour la croissance et est impliquée dans la synthèse des phospholipides.

Sur le plan technologique, le chlorure de choline a un effet très marqué sur le comportement des pâtes lors du pétrissage. En augmentant la teneur en sel on allonge le temps de pétrissage alors que l'inverse est observé avec la choline. Les travaux ont mis en évidence que la choline utilisée seule n'est pas acceptable en termes sensoriels. Par contre, utilisée conjointement et en faible quantité avec du chlorure de sodium, un effet de synergie apparaît et permet de réduire la



Influence de la teneur en sel et en chlorure de

teneur globale en sel tout en préservant une perception salée [2].

choline sur le temps de pétrissage.

En ce qui concerne la cinétique de rassissement des produits, la mie apparaît légèrement plus ferme en présence de chlorure de choline, alors que d'autres essais réalisés sur le volet matériaux en milieu très peu hydraté mettent en évidence un effet plastifiant.

3. *Perpectives*

Au niveau national, Eric Leroy est membre du bureau du GDR CNRS LIPS (Liquides Ioniques et Polymères) créé en 2013. L'organisation d'une journée d'étude du GDR est prévue à Nantes fin 2014 en collaboration avec l'IMN et l'unité INRA BIA. Parallèlement, une journée commune avec le GDR BIOMATPRO (Matériaux biosourcés) aura lieu à Nice au printemps.

Références

- [1] YH Choi, J van Spronsen, Y Dai, M Verberne, F Hollmann (2011) Are Natural Deep Eutectic Solvents the Missing Link in Understanding Cellular Metabolism and Physiology ? *Plant Physiology*, August 2011, Vol. 156, pp. 1701–1705.
- [2] Locke, K. W. and S. Fielding (1994). "Enhancement of salt intake by choline chloride." *Physiology & Behavior* 55(6).

Production scientifique
Axe Matrices et Aliments : Procédés, Propriétés, Structure,
Sensoriel
Période de référence : 2012-2013

ACL : Articles dans des revues internationales ou nationales avec comité de lecture répertoriées

2012

- ACL1. Abang S, Chan ES, Poncelet D. (2012) *Effects of process variables on the encapsulation of oil in ca-alginate capsules using an inverse gelation technique.* *Journal of Microencapsulation*, 2012, 29(5) 417-428
- ACL2. Añon M.C., de Lamballerie M., Speroni F., Effect of high pressure on solubility and aggregability of calcium-added soybean proteins. *Innovative Food Science and Emerging Technologies* 16, 155-162, 2012.
- ACL3. Aouadhi, C., Simonin, H., Prevost, H., de Lamballerie, M., Maaroufi, A., Mejri, S., Optimization of pressure-induced germination of *Bacillus sporothermodurans* spores in water and milk, *Food Microbiology*, 30, 1-7, 2012.
- ACL4. Bahrani, S. A., Loisel, C., Rezzoug, S.-A., Doublier, J.-L., Maache-Rezzoug, Z., Role of vacuum steps added before and after steaming treatment of maize starch. Impact on pasting, morphological and rheological properties, *Carbohydrate Polymers*, 89, 810-820, 2012.
- ACL5. Bieche, C., de Lamballerie, M., Chevret, D., Federighi, M., Tresse, O. Dynamic proteome changes in *Campylobacter jejuni* 81-176 after high pressure shock and subsequent recovery, *Journal of Proteomics*, 75, 1144-1156, 2012.
- ACL6. Charles, M., Poinot, P., Texier, F., Arvisenet, G., Vigneau, E., Mehinagic, E., Prost, C. (2012). The "Mouth to Nose Merging System": a novel approach to study the impact of odour on other sensory perception. *Food Quality and Preferences*, 28(1), 264-270.
- ACL7. Chevallier, S., Zuniga, R., Le-Bail, A., Assessment of Bread Dough Expansion during Fermentation, *Food and Bioprocess Technology*, 5, 609-617, 2012.
- ACL8. Duranton F., Guillou S., Simonin H., Chéret R., de Lamballerie M., Combined use of high pressure and salt or sodium nitrite to control the growth of endogenous microflora in raw pork meat. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 16, 373-380, 2012.
- ACL9. Duranton F., Simonin H., Chéret R., Guillou S., de Lamballerie M., Effect of high pressure and salt on pork meat quality and microstructure. *Journal of Food Science*, 77, 8, E188-E194, 2012.
- ACL10. Fatimi, A., Tassin, J.-F., Bosco, J., Deterre, R., Axelos, M. A. V., Weiss, P., Injection of calcium phosphate pastes: prediction of injection force and comparison with experiments, *Journal of Materials Science-Materials in Medicine*, 23, 1593-1603, 2012.
- ACL11. Haddadi, H., Belhabib, S., Improving the characterization of a hardening law using digital image correlation over an enhanced heterogeneous tensile test." *International Journal of Mechanical Sciences*, 62, 45-56, 2012.

- ACL12. Jimenez-Pranteda, M., Poncelet, D., Nader-Macias, M., Arcos, A., Aguilera, M., Monteoliva-Sanchez, M., Ramos-Cormenzana, A., Stability of lactobacilli encapsulated in various microbial polymers, *Journal of Bioscience and Bioengineering*, 113, 179-184, 2012.
- ACL13. Launay, J., Allanic, N., Mousseau, P., Muller, R., Deterre, R., 2012. Scorch arisen prediction through elastomer flow in extrusion die. *International Journal of Material Forming*, 1-9.
- ACL14. Lerasle M., Duranton F., Simonin H., Membré J.M., Chéret R., de Lamballerie M., Guillou S., Federighi M., Traitements par hautes pressions hydrostatiques des denrées alimentaires : état de l'art. *Revue de Médecine Vétérinaire*, 163, 12, 595-614, 2012.
- ACL15. Leroy, E., Decaen, P., Jacquet, P., Coativy, G., Pontoire, B, Reguerre, AL, Lourdin, D, 2012, Deep Eutectic Solvents as functional additives for starch based plastics. *Green Chemistry*, Vol.14 (11), 3063 – 3066.
- ACL16. Leroy, E., Jacquet, P., Coativy, G., Reguerre, A. L., Lourdin, D. Compatibilization of starch-zein melt processed blends by an ionic liquid used as plasticizer, *Carbohydrate Polymers*, 89, 955-963, 2012.
- ACL17. Leroy, E., Petit, I., Audic, J.L., Colomines, G., Deterre, R., 2012. Rheological characterization of a thermally unstable bioplastic in injection molding conditions. *Polymer Degradation and Stability* 97, 1915-1921.
- ACL18. Lopez, M. D., Maudhuit, A., Pascual-Villalobos, M. J., Poncelet, D., Development of Formulations to Improve the Controlled-Release of Linalool to Be Applied As an Insecticide, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 60, 1187-1192, 2012.
- ACL19. Luján Jiménez-Pranteda M., Poncelet D., Náder-Macías M.E., Arcos A., Aguilera M., Monteoliva-Sánchez M. and Ramos-Cormenzana A. (2012) Stability of lactobacilli encapsulated in various microbial polymers *Journal of Bioscience and Bioengineering* 113(2) 179–184
- ACL20. Poinot P., Arvisenet G., Ledauphin J., Gaillard J.L., Prost C. (2012). How can aroma-related cross-modal interactions be analysed? A review of current methodologies. *Food Quality and Preferences*, 28(1), 304-316.
- ACL21. Poncelet D., de Vos P., Suter N., Jayasinghe S.N. Bio-electrospraying and Cell Electrospinning: Progress and Opportunities for Basic Biology and Clinical Sciences *Advances Healthcare Materials*. 2012, 1, 27–34.
- ACL22. Prata, A. S., Maudhuit, A., Boillereaux, L., Poncelet, D., Development of a control system to anticipate agglomeration in fluidised bed coating, *Powder Technology*, 224, 168-174, 2012.
- ACL23. Schoebitz, M., Simonin, H., Poncelet, D. Bioencapsulation of zospirillum brasilense and Raoultella terrigena in alginate-starch beads used as biofertilizers. *Journal of Microencapsulation*, 2012, 1–7.
- ACL24. Sciarini, L., Perez, G., de Lamballerie, M., Leon, A., Ribotta, P. Partial-Baking Process on Gluten-Free Bread: Impact of Hydrocolloid Addition, *Food and Bioprocess Technology*, 5, 1724-1732, 2012.
- ACL25. Silva Prata A., Maudhuit A., Boillereaux L., Poncelet D. (2012) Development of a control system to anticipate agglomeration in fluidised bed coating *Powder Technology* 224 (July) 168-174;
- ACL26. Simonin, H., Duranton, F., de Lamballerie, M., New Insights into the High-Pressure Processing of Meat and Meat Products, *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 11, 285-306, 2012.

- ACL27. Vigneau E., Texier F., Dulon L., Statistical analysis of data from the score and rank procedure in preference studies with children, *Journal of Sensory Studies*, Vol 27, Issue3, 196-207, 2012.
- ACL28. Villiere, A., Arvisenet, G., Lethuaut, L., Prost, C., Serot, T., Selection of a representative extraction method for the analysis of odourant volatile composition of French cider by GC-MS-O and GC x GC-TOF-MS, *Food Chemistry*, 131, 1561-1568, 2012.
- ACL29. Mouneim, H, Besbes, E., Jury, V., Monteau, JY., Le-Bail, A., 2012, Combined Effects of Baking Conditions and Bacterial alpha-Amylases on Staling Kinetics of Degassed and Porous Bread Crumb, *Food and bioprocess technology*, Vol. 5(8), pp. 3032-3041.

2013

- ACL1. Leroy, E., Souid, A., Deterre, R., 2013, A continuous kinetic model of rubber vulcanization predicting induction and reversion. *Polymer testing*, Vol. 32, pp. 575–582.
- ACL2. Rannou C., Texier F., Moreau M., Courcoux P., Meynier A. & Prost C. « Odour quality of spray-dried hens'egg powders : the influence of composition, processing and storage conditions" *Food Chemistry*, 2013, 138, 905-914.
- ACL3. Harkous, A., Colomines, G., Allanic, N., Mousseau, P., Deterre, R., 2013. Thermo-kinetic analysis of Liquid Silicone Rubber. *Key Engineering Materials* 554-557, 1634-1648.
- ACL4. Leroy, E., Souid, A., Deterre, R., 2013. A continuous kinetic model of rubber vulcanization predicting induction and reversion. *Polymer Testing* 32 575-582.
- ACL5. Leroy, E., Souid, A., Sarda, A., Deterre, R., 2013. A knowledge based approach for elastomer cure kinetic parameters estimation. *Polymer Testing* 32 9-14.
- ACL6. Villamonte G., Simonin S., Duranton F., Chéret R., de Lamballerie M., Functionality of pork meat proteins: impact of sodium chloride and phosphates under high-pressure processing. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 18, 15-23, 2013.
- ACL7. Mensi A., Choiset Y., Haertlé T., Reboul E., Borel P., Guyon C., de Lamballerie M., Chobert J.M., Interlocking of β -carotene in β -lactoglobulin aggregates produced under high pressure. *Food chemistry*, 139, 253-260, 2013.
- ACL8. Aouadhi C., Simonin H., Prévost H., de Lamballerie M., Maaroufi A., Mejri S., Inactivation of *Bacillus sporothermodurans* LTIS27 spores by high hydrostatic pressure and moderate heat studied by response surface methodology. *LWT*, 50, 1, 50-56, 2013.
- ACL9. Guilloux M. ; Prost C. ; Catanéo C. ; Leray G. ; Chevallier S. ; Le Bail A. ; Le Thuaut L. (2013). Impact of salt granulometry and method of incorporation of salt on the salty and texture perception of model pizza dough. *Journal of Texture Studies*. sous presse
- ACL10. Milani, G, Leroy, E., Milani, F, Deterre, R, 2013, Mechanistic modeling of reversion phenomenon in sulphur cured natural rubber vulcanization kinetics. *Polymer testing*, Vol. 32, pp. 1052-1063.
- ACL11. Besbes, E., Jury, V., Monteau, JY., Le Bail, A., 2013, Characterizing the cellular structure of bread crumb and crust as affected by heating rate using X-ray microtomography. *Journal of food engineering*, Vol. 115(3), pp. 415-423.
- ACL12. Besbes, E., Jury, V., Monteau, JY., Le Bail, A., 2013, Water vapor transport properties during staling of bread crumb and crust as affected by heating rat. *Food Research International*, Vol. 50(1), pp. 10-19.
- ACL13. Blel W., Legentilhomme P., Bénézech T., Fayolle F., 2013, Cleanability study of a Scraped Surface Heat Exchanger. *Food and Bioprocess processing* 91, 2, pp 95-102.

- ACL14. Fayolle F., Belhambri R., Flick D., 2013, Residence time distribution measurements and simulation of the flow pattern in a scraped surface heat exchanger during crystallisation of ice cream. *Journal of Food Engineering* 116, 2, pp 390–397.
- ACL15. Kouakou C., Bergé J.P., Baron R., Lethuaut L., Prost C., Cardinal M. Odour modification in salmon hydrolysates using the Maillard reaction. *Journal of Aquatic Food Product Technology*, 2013, sous presse.
- ACL16. Talansier, E., Della Valle, D, Loisel, C., Desrumaux, A. V ; Legrand, J., Elaboration of controlled structure foams with SMS static mixer, 59, 132-145 (2013).

BR : Brevets

2012

- BRE1 Le Roux, K., Bergé, P, Baron, R, Arhaliass, A., Leroy, E. *Extraction de chitines en une seule étape par hydrolyse enzymatique en milieu acide.* Brevet FR2975706 A1 (demande PCT en cours WO2012168618 A1)
- BRE2 Villière, A, Lethuaut, L., Prost, C. (2012). Procédé et installation d'analyse d'un éluat de chromatographe. Brevet INTERNATIONAL PCT/ FR2013/050359 Procédé et installation d'analyse d'un éluat de chromatographe.
- BRE3 Arvisenet, G, Poinot, P, Prost, C. (2012) Bouche artificielle simulant la mastication et procédé d'analyse des composés à l'origine de la perception sensorielle, notamment des arômes, mettant en œuvre une telle bouche artificielle. Brevet INTERNATIONAL PCT n°WO 2012/001314 A1
- BRE4 Villière A., Lethuaut L., Prost C. (2012) Procédé et installation d'analyse d'un éluat d'olfactométrie. Demande de Brevet FR

ACT : Communications avec actes dans un congrès international ou national
--

2012

- ACT1. Bahrani, S. A., Monteau, J.-Y., Maache-Ezzoig, Z., Loisel, C., Rezzoug, SA., Numerical Modelling of Simultaneous Heat and Mass Transfers in Starchy Material Following Hydrothermal Processes. International Symposium on Discrete Element Modelling of Particulate Media 2012, Birmingham, Grande Bretagne, 2012.
- ACT2. Aviat F., Lethuaut L., Ghazil S., Arvisenet G. Influence of wood storage on the composition in volatiles compounds of model food. Communication orale présentée au 6th Food Factory, Laval, France (4-6 juillet 2012)
- ACT3. M. Charles, I. Maitre, R. Symoneaux, E. Vigneau, C. Prost, E. Mehinagic. Apple consumer segmentation by integrative method: when sensory sciences meet social sciences 2nd Symposium of Horticulture in Europe - July 1-5, 2012 - Angers, FRANCE
- ACT4. Soud, A., Deterre, R., Leroy, E., Sarda, A. Etude thermique du processus d'adhésion caoutchouc/métal. Communication par affiche avec actes présentée au Colloque Annuel de la Société Française de Thermique, Bordeaux, 29 mai au 1er juin 2012.
- ACT5. Lemeunier, F., Allanic, N., Mousseau, P., 2012. Heat transfer analysis in a thermal printing process, 6th Conference of Eurotherm, Poitiers, France.

2013

- ACT1. A. Harkous, G.C., N. Allanic, P. Mousseau and R. Deterre, 2013. Thermo-kinetic analysis of liquid silicone rubber, 16th annual ESAFORM Conference on Material Forming, Aveiro - Portugal.
- ACT2. Deterre, R., Dabo, P., Zarifé, V., 2013. Quality and productivity optimisation of rubber part molding, IRC 2013, Paris.
- ACT3. Deterre, R., 2013. Mesure en ligne et modélisation du champ de température au sein d'un écoulement cylindrique d'élastomère en extrusion - Projet collaboratif RHEOTEL, IRC 2013, Paris.
- ACT4. Leroy, E, Sarda, A, Souid, A, Deterre, R, Analysis of rubber adhesion during molding process. Communication orale avec actes présentée à l'International Rubber Conference IRC 2013, Paris, 20 au 22 mars 2013.
- ACT5. Coativy, G, Lourdin, D, Leroy, E, Élaboration de nanobiocomposites amidon-argile. Communication orale avec actes présentée aux 18èmes Journées Nationales des Composites (JNC 18), Nantes, 12 au 14 juin 2013
- ACT6. Coativy, G, Lourdin, D, Leroy, E, Melt Processing of starch/clay shape memory nanocomposites. Communication orale avec actes présentée 29th World Congress of the Polymer Processing Society, Nuremberg, Allemagne, 15 au 19 juillet 2013.

COM : Communications orales sans actes dans un congrès international ou national

2012

1. Souid, A, Leroy, E, Sarda, A, Deterre, R, suivi rhéologique de l'adhésion caoutchouc-métal, Communication orale présentée aux Journées des jeunes rhéologues (Groupe Français de Rhéologie), Saint Rémy-les-Chevreuse, 21 au 23 mars 2012.
2. Coativy, G, Leroy, E, Lourdin, D, Mise en oeuvre et caractérisation thermomécanique de nanobiocomposites Amidon/Montmorillonite, Communication orale présentée aux Journées des jeunes rhéologues (Groupe Français de Rhéologie), Saint Rémy-les-Chevreuse, 21 au 23 mars 2012.
3. Leroy, E, Jacquet, P, Coativy, G, Lourdin, D, Natural polymers and blends plasticized by ionic liquids, BiPoCo 2012 conference, Siófok, Hongrie, 27 au 31 mai 2012.
4. Souid, A, Leroy, E, Sarda, A, Deterre, R, Rheological study of the rubber to metal adhesion process, Communication orale présentée au XVIth International Congress on Rheology, Lisbonne, Portugal, 5 au 10 août 2012.
5. Prost C. ; Rannou C. ; Catanéo C. Analyse des marqueurs volatiles : vers une meilleure maîtrise de la qualité organoleptique des aliments. 5^e journée Bioanalyse, 25 Octobre 2012, Nantes, France
6. Charles M., Maitre I., Vigneau E., Symoneaux R., Prost C., Mehinagic E., 2013. Typologie des consommateurs de pommes selon leurs préférences sensorielles et leurs usages et attitudes, Rencontres du végétal, 114-15 janvier 2013, Angers, France.
7. Charles M., Vigneau E., Symoneaux S., Maitre I., Texier F., Prost C., Mehinagic E., 2012. Etude des segments de consommateurs de pommes et des déterminants des préférences associées, VEGECONSO 2012, 17 janvier 2012, Angers.

8. Coativy, G, Lourdin, D, Leroy, E, Propriétés thermomécaniques de nanobiocomposites Amidon/Montmorillonite, Communication orale présentée au 24ème Colloque sur la Déformation des Polymères Solides (Depos24), Ecully, 5 au 7 Septembre 2012.

2013

9. Souid, A, Leroy, E, Sarda, A, Deterre, R, Etude rhéologique du procédé d'adhésion caoutchouc-métal. Communication orale présentée au Colloque GFP-SFGP ouest 2013, Carquefou, 15 au 17 mai 2013.
10. Decaen, P, Colomines, G, Lourdin, D, Leroy, E, Thermoplastification de l'amidon pas des liquides ioniques biodégradables. Communication orale présentée au Colloque GFP-SFGP ouest 2013, Carquefou, 15 au 17 mai 2013.
11. Launay J., Allanic N. Mousseau P., Deterre R., Madec Y., Analyse thermo-rhéocinétique d'un écoulement d'élastomère en extrusion. Communication orale présentée au Colloque GFP-SFGP ouest 2013, Carquefou, 15 au 17 mai 2013.
12. Girault M., Launay J., Allanic N., Mousseau P., Deterre R., Petit D., Mise en place d'un modèle réduit d'écoulement de polymère fondu en vue de l'estimation de la viscosité, Congrès de la Société Française de Thermique, Gerardmer, 28-31 mai 2013.

AFF : Communications par affiche dans un congrès international ou national

2012

- AFF1. Charles, M., Maitre, I., Symoneaux, R., Vigneau, E., Prost, C., Mehinagic, E. Impact of the product-space choice when using preference mapping. 5th European Conference on Sensory and Consumer Research, 9-12 Septembre 2012, Bern, Suisse.
- AFF2. Guilloux M., Catanéo C., Leray G., Moreau M., Bentchikou I., Pabst V., Courcoux P., Chevallier S., Le-Bail A., Prost C., Lethuaut L. Effect of salt and incorporation way on perception and salt release in a model pizza dough. Communication par affiche présentée au 2nd Food Oral Processing, Beaune, France (1-5 juillet 2012)
- AFF3. Launay, J., Allanic N., Mousseau, P., Deterre, R. Mesures de températures intrusives dans un écoulement d'élastomères, Congrès de la Société Française de Thermique, Bordeaux, France, 2012.,
- AFF4. Le Bail, A., Jury, V., Monteau, J.Y., Grua, J., Prost, C. Dervilly-Pinel, G., Veyrand, B., Le Bizec, B., Bosc, V., Michon, C, Giampaoli, P, Brogly, M, Bistac, S, Lucas, T, Grenier, D, De Vogue, P, Chambard, JP, Jaminions, S., Management of perfluorinated Anti stick coating in the baking industry; "SATIN" project (2012-2015) Congrès FOOD FACTORY 2012, Laval, France, Juillet 2012.
- AFF5. Souid, A, Deterre, R, Leroy, E, Sarda, A, Etude thermique du processus d'adhésion caoutchouc/métal. Communication par affiche avec actes présentée au Colloque Annuel de la Société Française de Thermique, Bordeaux, France, 29 mai au 1er juin 2012.
- AFF6. Lemeunier F., Allanic N. Mousseau, P. Heat transfer analysis in a thermal printing process, 6th Conference of Eurotherm, Poitiers, France, 2012.
- AFF7. Rannou C., Renault E., Laroque D., Prost C., Sérot T. Inhibition of the non enzymatic browning reaction using model systems. 11th International Symposium on the Maillard Reaction, , Nancy, France, 16-20 septembre 2012

AFF8. Charles, M., Maitre, I., Symoneaux, R., Vigneau, E., Prost, C., Mehinagic, E., Unravelling apple consumer segmentation by the identification of associated sensory preference keydrivers. SHE 2012, Angers, France, 2012

2013

AFF9. Le Bail A., Jury V., Monteau J.Y., Grua J., Prost C., Dervilly-Pinel G., Veyrand B., Le Bizec B., Bosc V., Michon C., Giampaoli P., Brogly M., Bistac S., Lucas T., Grenier D., De Vogue P., Chambard J.P., Jaminion S., 2013. Management of perfluorinated anti stick coating in the baking industry, « SATIN » Project (2012-2015), Cereals & Europe Spring Meeting 2013, 29-31 may 2013, Leuven, Belgique.

AFF10. Chevallier S., Leray G., Guilloux M., Iethuaut L., Prost C., Le Bail A., 2013. X-ray microtomography to follow salt dissolution within food products, SKY SCAN tomography, 15-18 avril 2013, Hasselt, Belgique.

TH : Thèses soutenues

2012

Emna Besbes « Dynamique de l'eau dans les matrices céréalères » Soutenue le 10/12/2012 ? Directeur de thèse : Alain le Bail. Situation actuelle : ATER au CNAM Paris – Laboratoire de Biochimie . Financement : Tunisie / ONIRIS.

Frédérique Duranton « Potentiel des hautes pressions pour la formulation raisonnée de produits carnés à base de viande de porc » Soutenue le 24/10/2012. (Encadrement : M. de Lamballerie, H. Simonin, S. Guillou (SECALIM)). Situation actuelle : chargée de recherche sur projet MEATIC.

Christelle Kouakou (2012). Etude du potentiel aromatique d'hydrolysats marins : application aux co-produits de saumon, LUNAM, Ecole doctorale VENAM, Université Nantes-Angers-Le Mans, discipline : Sciences alimentaires, Spécialité : Biotechnologie – Chimie des arômes, Mention très honorable. Nom et % des encadrants : Directeur de thèse : Pr. C. Prost (50%), co-encadrant IFREMER : Dr. J.P. Bergé (50%)

2013

SOUID, Anouar (2013). Analyse de l'adhésion des pièces caoutchouc-métal lors du moulage. Nantes, Université de Nantes. Situation actuelle : ATER IUT Genie thermique, Université de Nantes.

LAUNAY, Julien (2013) Analyse de l'homogénéisation thermique et cinétique d'un écoulement d'élastomère. Université de Nantes, Nantes. Situation actuelle : Ingénieur de Recherche à CAPACITES (Cellule INSILICO), financement CIFRE.

M. CHARLES « Impact de l'espace-produits et des interactions sur les préférences de pommes » Début décembre 2009, soutenue le 18 mars 2013. Directrice de thèse : Carole Prost 50%, codirectrice de thèse : Emira mehinagic (ESA). Coencadrement ONIRIS-ESA Angers - émergence collective sensorielle. Situation actuelle : Ingénieure de recherche en analyse sensorielle en Italie.