

Colloque Adebiotech / ARD / IAR / VEOLIA

Bioraffinerie des sous-produits de l'industrie et de l'environnement

Le 27 mars 2012

Biocitech, PARIS – ROMAINVILLE

Comité de Coordination

Daniel THOMAS (IAR) Président

Gérard ANTONINI (UTC)

Jean-Marie CHAUVET (ARD-Bioraffinerie Recherche & Innovation)

Paulo FERNANDES (Veolia Environnement Recherche & Innovation)

Bruno JARRY (Académie des Technologies)

Danielle LANDO (Adebiotech)

Margaret VARKADOS-LEMARECHAL (Adebiotech)

Préface Adebiotech	4
Introduction Daniel THOMAS	5
Programme détaillé	7
Résumés des conférences	9
Résumés des Posters	21
Partenaires	
<i>ARD</i>	39
<i>IAR</i>	40
<i>VEOLIA</i>	41
<i>FERMENTALG</i>	42
Participants	43

Adebiotech est heureuse de vous accueillir au colloque intitulé :

Bioraffinerie des sous-produits de l'industrie et de l'environnement

Ce colloque s'inscrit dans la démarche d'Adebiotech qui a pour objectif de valoriser les biotechnologies en intervenant de manière transversale dans tous les champs d'applications afin de rassembler les acteurs pour les fédérer et accélérer le développement industriel.

Fidèle à sa stratégie, Adebiotech réunit autour d'un thème innovant et appliqué une dimension non seulement scientifique, mais également économique et réglementaire.

L'objectif est de mettre en évidence les perspectives les plus prometteuses et les actions à mener. Un rapport est mis à disposition pour les différents acteurs et institutionnels responsables des programmations.

Ce colloque a pu s'organiser grâce à la collaboration enthousiaste et fructueuse des membres du Comité de Coordination représentants du Pôle de Compétitivité à vocation mondiale Industrie Agro-Ressources (IAR), de la structure de recherche privée Agro-industrie Recherches et Développement (ARD), de Veolia Environnement (VERI), de l'Université de Technologie de Compiègne (UTC) et de l'Académie des Technologies.

Nous sommes reconnaissants aux organismes et entreprises qui ont soutenu Adebiotech pour cette manifestation, et tout particulièrement le Pôle IAR, ARD, Veolia Environnement et Fermentalg.

Nous remercions également Biocitech, le Département de la Seine Saint-Denis et Sup'Biotech pour leur soutien ainsi que le MEDDTL pour son parrainage.

Nous remercions les intervenants et l'ensemble des participants en souhaitant à tous un excellent colloque et de fructueuses discussions.

Danielle LANDO

Margaret VARKADOS-LEMARECHAL

Les bioraffineries de l'avenir devront valoriser toutes les composantes des biomasses de toutes origines qui les alimenteront. Ces valorisations devront intégrer le recyclage des déchets et des sous-produits avec une empreinte écologique positive pour produire des molécules, des matériaux et de l'énergie pour être une alternative aux réserves fossiles.

Cette démarche tendra à diminuer la production de gaz à effet de serre tout en réduisant la teneur dans les produits finaux des molécules toxiques comme les H.A.P. (Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques), ou les dérivés de phtalates et du formol.

Le colloque s'appuiera sur des exemples concrets pour ensuite transcender les cas particuliers décrits de manière à esquisser une approche générale de la bioraffinerie pour recycler les sous-produits et même les déchets. Les aspects réglementaires ayant trait au changement de statuts des déchets et des sous-produits pour déboucher sur des produits seront abordés.

Le colloque sera très interdisciplinaire en terme de domaines scientifiques et très intersectoriel en terme industriel.

Daniel THOMAS

Conférence introductive : Concept de Bioraffinerie végétale

Daniel THOMAS, *IAR*

Réalités industrielles de la Bioraffinerie végétale

Jean-Marie CHAUVET, *ARD*

Valorisations des sous-produits

Léonard BONIFACE, *ADEME*

Concept d'écologie industrielle

Suren ERKMAN, *Université de Lausanne*

Exemples de réalisations et d'innovations relatives à des co-produits / sous-produits

- Les traitements biologiques pour transformer des déchets organiques en matières fertilisantes valorisables en agriculture.

Sabine HOUOT, *INRA- Grignon*

- Des eaux usées vers les Bio-polymères

Maria ALBUQUERQUE, *VEOLIA*

- Des déchets organiques vers les Bio-gaz

Jean-Philippe STEYER, *INRA-LBE*

- Valorisation des sous-produits de la mer

Jean-Pascal BERGÉ, *IFREMER*

Présentation Biocitech

Jean-François BOUSSARD, *Biocitech*

Présentation flash de Posters

1 - Transformation de déchets textiles cellulosiques en sorbitol, molécule plateforme d'intérêt

Frédéric BATAILLE, J. BARBIER, A. BRIAND, S. SOUM

2 - Coût réduit du bioraffinage et bilan énergétique amélioré par utilisation conjointe du réacteur OsmoGas et du réacteur Gasif-Pure combiné, Gazéification / Pyrolyse Flash

Isaac BEHAR

3 - Valorisation of Marine Biomasse « The Chitosane » in Sludge Conditionement

Hassiba ZEMMOURI, H. LOUNICI, N. MAMERI

4 - Le projet GAYA : Une approche décentralisée de la Bioraffinerie thermo-chimique

M. BESSIERES, Y. KARA, B. MARCHAND, A. AUBIGNY, F. BERTAUD, D. DA SILVA PEREZ, E. LE NET, O. GUERRINI

Les verrous réglementaires et évolution de la réglementation

Marie-Pierre MAITRE, *Avocate associée au cabinet HUGLO LEPAGE*

Table Ronde 1 : Bioéconomie et filières industrielles

Bruno JARRY - modérateur

Paolo FERNANDES, Jean-Philippe STEYER, Rémi BARBIER, *ENGEES*,

Armand KLEM, *Norske Skog Golbey*

Table Ronde 2 : Evolutions de la réglementation pour de nouvelles opportunités de filières

Marie-Pierre MAITRE - modérateur

Léonard BONIFACE, Paolo FERNANDES, Alexis RANNOU, Daniel THOMAS

Conclusions - Daniel THOMAS, *IAR*

Discours de clôture - Alain GRIOT, sous-directeur de l'Innovation, *MEDDTL*

Résumés des conférences

CONCEPT DE BIORAFFINERIE VÉGÉTALE

Recyclage des déchets et sous-produits dans le cadre du «métabolisme industriel» de la bioraffinerie

Stéphane Octave* et Daniel Thomas*,**

** Université de Technologie de Compiègne, ** Pôle «Industries et Agroressources»*

Le développement et la viabilité des futures bioraffineries reposent sur un principe simple, tant sur le plan économique que conceptuel, qui est d'optimiser l'intégralité des systèmes mis en œuvre. Ce mode d'utilisation de la biomasse doit permettre de maximiser le potentiel des bioraffineries et de se rapprocher d'un mode de fonctionnement proche du métabolisme cellulaire: flexible, capable de s'adapter aux matières premières disponibles et de favoriser certaines voies métaboliques pour maintenir l'équivalence des flux.

La première contrainte est de développer des outils flexibles capables de valoriser l'intégralité des constituants de la plante, et ainsi valoriser les déchets et sous-produits de l'agriculture. Cela passe également par une intégration forte de l'ensemble des procédés de production. Il est donc nécessaire de concevoir ces nouveaux outils industriels en prenant en compte la génération de sous-produits par les procédés eux-mêmes qui doivent ensuite devenir matière première d'un ou d'autres procédés. L'objectif est de développer des unités de production capable d'utiliser de la biomasse variée afin de produire une multitude de produits : molécules, matériaux, ingrédients alimentaires...

Cette optimisation permet, selon le concept de métabolisme industriel, de tendre vers les systèmes les plus performants en termes d'analyse de cycle de vie. La prise en compte de la notion de territoire dans la conception de ces futures bioraffineries doit permettre de développer des «écosystèmes bioraffineries» dans le cadre du développement d'un écosystème industriel local avec la prise en compte des trois piliers du développement durable: économie, environnement et société.

L'exemple de la bioraffinerie de Bazancourt Pomacle

Jean-Marie CHAUVET, ARD

Situé au cœur d'un grand bassin agricole, ce complexe industriel, qui abrite également une plate-forme d'innovation, est aujourd'hui cité comme l'un des exemples les plus aboutis de bioraffinerie végétale à l'échelle de l'Europe par son caractère intégré et par les synergies mises en œuvre.

Pour comprendre le développement de cet écosystème et son "métabolisme", il faut intégrer 2 dimensions à savoir le temps et l'esprit "coopératif".

Rien n'aurait été possible sans la vision et la détermination des responsables de coopératives sucrières et céréalières de la région.

L'ouverture à l'innovation dont témoigne la présence de ARD depuis 20 ans, s'exprime désormais au travers de la plate-forme BRI (Bioraffinerie Recherches & Innovations) qui accueille un centre d'excellence en biotechnologies blanches (au sein duquel sont notamment parties prenantes l'École Centrale Paris et AgroParisTech) et une unité de démonstration en biotechnologies industrielles, BioDemo, appartenant à ARD. La présence du pilote du projet Futurol (éthanol 2^{ème} génération) renforce la vocation particulière du site de Bazancourt Pomacle dans le cadre du pôle de compétitivité IAR. Au moment où la commission européenne lance une stratégie ambitieuse pour promouvoir une "nouvelle bio économie" la bioraffinerie de Bazancourt Pomacle préfigure un modèle d'industrialisation qui devrait se développer dans les années à venir.

Léonard BONIFACE, ADEME

Les produits issus du pétrole nous paraissent aujourd'hui incontournables dans notre quotidien au point d'en oublier qu'avant que le pétrole ne devienne l'un des piliers de l'économie industrielle, la biomasse constituait l'une des principales ressources subvenant aux besoins de l'humanité pour l'alimentation, l'agriculture, l'énergie, les matériaux et la chimie. Depuis le début des années 1920, l'agriculture a vu son rôle se concentrer toujours davantage dans le domaine agroalimentaire et céder toujours plus de place aux matières fossiles alors devenues largement disponibles et bon marché pour les applications non-alimentaires.

Le modèle de développement économique actuel, principalement basé sur des ressources finies amorce une transition vers un modèle plus durable s'appuyant sur des ressources renouvelables parmi lesquelles la biomasse prendra une large part. Cette transition vers une valorisation plus importante des matières végétales impose d'en valoriser le mieux possible toutes les fractions (bioraffinage), y compris, les flux de matières résiduelles qui dans certaines filières industrielles peuvent devenir des matières premières de choix pour d'autres usages.

Les co-produits ou sous-produits ont soit un statut de produit, soit celui de déchet. Ils sont principalement utilisés en alimentation animale ou épandus sur les sols agricoles pour leur valeur nutritionnelle et agronomique. Ils peuvent également faire l'objet de valorisation énergétique (méthanisation, combustion, ...) voir de valorisation dans le domaine de la chimie. Si la valorisation des co-produits pour la chimie et les matériaux ne représente aujourd'hui que des volumes modestes, les industriels s'intéressent fortement à ces gisements souvent bon marché mais à la composition parfois complexe et hétérogène.

Écologie industrielle : de quoi s'agit il ?

Suren Erkman, *Université de Lausanne*

Écologie industrielle : l'expression peut surprendre...

Ces deux termes ont ici un sens bien précis :

- «Écologie» se réfère à l'écologie scientifique, qui étudie les différents milieux où vivent les organismes vivants.
- «Industriel» désigne, au sens large, l'ensemble des activités économiques dans la société technologique moderne.

Dans cette optique, la consommation des ménages, les services de santé, les télécommunications, l'informatique, la finance, le tourisme, les loisirs, etc., sont considérés comme des activités industrielles, au même titre que l'agriculture, l'extraction des matières premières, et la fabrication des produits.

L'écologie industrielle s'intéresse à l'évolution du système industriel dans sa globalité et à long terme. Cette approche tente de mener de front une approche à la fois rigoureuse sur le plan théorique (l'écologie scientifique) et opérationnelle (en préconisant des actions concrètes, économiquement viables). Les problèmes d'environnement ne constituent donc qu'un aspect, parmi d'autres, de l'écologie industrielle, qui œuvre pour l'avènement d'un système industriel plus élégant, c'est-à-dire capable de générer plus de richesses et de bien-être avec moins d'impacts sur la Biosphère.

Les traitements biologiques pour transformer des déchets organiques en matières fertilisantes valorisables en agriculture.

Sabine Houot ⁽¹⁾, **Jérémy Doublet** ⁽²⁾

(1) INRA, EGC, Thiverval Grignon ; (2) VERI, Limay

Le contexte réglementaire incite au traitement biologique des déchets organiques soit par la voie aérobie du compostage, soit par digestion anaérobie qui permet la valorisation énergétique des déchets organiques. Dans les 2 cas, les procédés de traitement conduisent à la production d'un produit qui peut être valorisé en agriculture comme matière fertilisante. Le compostage produit des amendements organiques qui vont contribuer à augmenter les teneurs en matière organique dans les sols, améliorer la fertilité du sol et permettre une meilleure résistance aux risques d'érosion des sols. Les digestats issus de la méthanisation peuvent fournir à la fois des fractions liquides très riches en composés fertilisants et des fractions solides qui peuvent également contribuer à l'entretien des stocks de matière organique dans les sols.

Dans tous les cas, l'innocuité des produits apportés doit être assurée aux agriculteurs. Ainsi, il faut limiter les flux de contaminants minéraux, organiques et biologiques avec les apports de matières organiques. La qualité des matières apportées dépend de celle des déchets traités et de l'efficacité du traitement à abattre les contaminants ou à produire des matières fertilisantes de qualité correspondant aux attentes des utilisateurs.

Les essais au champ de longue durée permettent d'évaluer les effets à long terme de pratiques d'apports réguliers de produits organiques issus du traitement biologique des déchets. La compréhension du lien entre qualité et caractéristique des produits épandus et effets observés permettra ensuite d'extrapoler les résultats observés à d'autres matrices non testées au champ. Des réseaux d'essais au champ se mettent en place pour évaluer ces effets à long terme du retour au sol des produits organiques d'origine résiduaire. Ces effets seront présentés au travers d'exemples de résultats obtenus dans ces essais.

Valorisation de sous-produits de l'assainissement par la production de bioplastiques : défis et leviers pour contrôler le procédé

Maria ALBUQUERQUE, Dores CIRNE et Anne-Sophie LEPEUPLE, *Veolia Environnement*

Deux des plus importantes questions environnementales qui se posent au monde actuel sont le changement climatique et la gestion des ressources limitées de la planète. La réponse à ces deux défis passe par la minimisation des émissions de gaz à effet de serre aussi bien que par une gestion efficace des ressources disponibles telles que l'eau, le carbone organique ou les minéraux. Il est important de noter qu'en plus de la déplétion bien connue des réserves en pétrole (source de combustibles, molécules chimiques et matériaux), on observe aussi une déplétion des réserves de nombreux minéraux très importants aux activités agricoles et industrielles (eg. phosphore). Une gestion du traitement des déchets et eaux usées produits par l'activité humaine orientée par ces deux objectifs est cruciale à un développement durable. Le changement de paradigme associé à l'évolution du mode de fonctionnement des stations d'épuration vers de véritables bioraffineries a pour but de maximiser la récupération de la valeur intrinsèque de toutes les fractions de la matière épurée, soit sous forme d'énergie, soit sous forme de molécules chimiques d'intérêt ou biomatériaux comme les polymères. La maîtrise de cette approche, dite de bioraffinerie, nécessite un approfondissement des connaissances et techniques permettant le fractionnement et la bioconversion de la matière épurée, aussi bien que le développement et le perfectionnement d'outils facilitant le choix des voies choisies pour la valorisation de chaque fraction de la matière (bilans énergétiques, études ACV).

Le concept de raffinerie est lié à celui du fractionnement de la matière sur plusieurs stratifications, qui peuvent être par la suite valorisées en de nombreux produits (énergie, molécules chimiques plateformes, matériaux). Sur une station d'épuration, ceci signifie partir de la matière organique facilement biodégradable aussi bien que des fibres, des lipides et graisses et de la matière protéique. Toutes ces fractions peuvent être valorisées, soit à travers la production d'énergie (eg. méthanisation), soit servir de matière première pour la biosynthèse de différents produits à valeur ajoutée (molécules chimiques d'intérêt ou biopolymères). Par exemple, les acides gras (courte ou longue chaîne) produits par fermentation de boues primaires ou autres refus (dégrillage, dégraissage) peuvent servir de précurseurs pour la production microbienne de polyhydroxyalkanoates (PHA). Ces biopolymères sont bio-sourcés et biodégradables. Ils permettent ainsi un cycle de vie fermé, et possèdent aussi des propriétés thermoplastiques qui leur confèrent un important potentiel de substitution envers les plastiques dérivés du pétrole. Les acides gras longue chaîne peuvent être trans-estérifiés pour produire du biodiesel, ou être convertis par des réactions de chimie verte en molécules chimiques d'intérêt commercial. De même, la matière minérale peut aussi être récupérée et valorisée (eg. phosphore, qui peut être récupéré sous forme de struvite).

L'étude présentée concerne le développement d'une filière de production de PHA par Veolia à l'échelle pilote permettant de valoriser l'excès de boues activées générées par le traitement secondaire de l'eau. Ceci, grâce à la production de biopolymères d'intérêt commercial à partir de plusieurs effluents riches en acides gras volatils (AGVs) (soient des boues primaires et refus de dégrillage ou dégraissage fermentés, lixiviats). Le procédé est composé de trois étapes : la fermentation acidogénique (pour produire les AGVs), l'enrichissement du système de boues activées en organismes accumulateurs de PHA (par une conduite opératoire spécifique) et la production du polymère.

L'optimisation de ces trois étapes est essentielle pour le développement d'une conduite soutenable, économiquement viable et pouvant apporter un avantage à la gestion du traitement des eaux usées et autres déchets. Elle doit se faire de façon intégrée, avec les attentes au niveau performance du traitement de l'eau et aussi en lien avec l'optimisation des cycles de vie impactés (eau, matière minérale) autres que le cycle du carbone. L'intégration de l'optimisation de l'étape de fermentation et de celle de production du biopolymère permet de contrôler la composition chimique du polymère, ce qui permet de régler ses propriétés thermiques et mécaniques, permettant ainsi de développer une gamme de PHA pour différentes applications finales.

Jean-Philippe STEYER, *INRA-LBE, Narbonne*

Ce nouveau siècle présente plusieurs défis environnementaux. La distribution d'eau potable, le réchauffement planétaire et l'obtention de nouvelles sources d'énergie en substitution des combustibles fossiles en sont les plus cruciaux. Ces deux derniers sont intimement liés car la majeure partie du dioxyde de carbone (CO₂), considéré comme le principal responsable de l'effet de serre, est issu de l'utilisation des combustibles fossiles. Ainsi, les nouvelles sources d'énergie devront avoir comme caractéristique principale l'émission presque nulle de CO₂.

Parmi les principales voies de production de bioénergie à partir de déchets, deux approches sont tout particulièrement intéressantes et seront discutées lors de cette présentation. La première est relativement ancienne et liée à la production de méthane par digestion anaérobie. La seconde, beaucoup plus récente et innovante, repose sur la production d'hydrogène par des écosystèmes microbiens.

La digestion anaérobie est une transformation de la matière organique carbonée en biogaz sous forme de CO₂ et de CH₄. Cette transformation réalisée par des micro-organismes est observée spontanément dans les marais et dans les écosystèmes anaérobies (tractus digestifs des ruminants, sols) ; elle a été maîtrisée industriellement pour réaliser la dépollution carbonée des effluents et compte parmi les plus anciennes méthodes de traitement des eaux usées. La digestion anaérobie est utilisée pour la digestion des boues de stations d'épuration, et plus généralement pour la digestion des déchets solides organiques, pour le traitement d'effluents industriels concentrés tels que ceux des industries agro-alimentaires.

Le rêve d'utiliser l'hydrogène comme source inépuisable d'énergie a quant à lui commencé avec Jules Verne. Dans son roman *L'Île Mystérieuse* (1874), il imagina en effet l'hydrogène comme un substitut du charbon. Bien plus tard, l'hydrogène a été utilisé comme combustible, entrant à 50 % dans le mélange de gaz de ville fourni aux grandes métropoles jusque dans les années 1950. Ce gaz est d'ailleurs toujours utilisé en Chine, en Afrique du Sud et dans tous les lieux où le gaz naturel est cher. Devant son potentiel, l'hydrogène a reçu une attention particulière ces dernières années car il présente une combustion propre, produisant uniquement de l'eau, et possède un grand pouvoir calorifique (i.e., 122 kJ/g). Il est ainsi considéré comme étant le vecteur énergétique idéal car il permet le stockage et le transport d'énergie sur des courtes, moyennes et longues durées. De plus, toutes les énergies renouvelables sont transformables en hydrogène, ce qui renforce d'autant son attrait.

Jean-Pascal BERGÉ, *IFREMER, Nantes*

Cette présentation vise à exposer la situation Française actuelle du traitement des sous-produits de la mer et les problèmes rencontrés.

Un panorama de différentes stratégies de gestion et de traitement de ces sous-produits est ensuite présenté avec un regard croisé entre l'intérêt scientifique, l'intérêt industriel et la réalité de marché.

Pour finir, l'auteur expose les moyens mis en œuvre par le secteur académique pour aider les industries et les collectivités à rationaliser cette gestion afin que ces sous-produits puissent devenir des produits à part entière.

Les procédés de transformation à mettre en œuvre pour une bio-raffinerie des déchets

Gérard ANTONINI, *Université de Technologie de Compiègne*

Une bio-raffinerie intégrée des déchets devrait pouvoir utiliser les différents types de sous-produits et déchets, en tant que matières premières et, mettre en œuvre les différentes technologies de conversion, pour produire, en fonction de la demande, une gamme variée de produits utilisables, soit en tant que biocombustibles (gazeux ou liquides), soit pour la production de molécules bio-basées.

Cependant, dans la réglementation actuelle, le déchet reste un déchet. Les traitements thermique ou biologique des déchets peuvent cependant conduire, dans un certain nombre de cas, et sous certaines conditions, à leur valorisation matière ou énergie, en leur permettant de quitter leur statut réglementaire de déchets.

En particulier, la Directive Émissions Industrielles (IED), 2010/75/UE, du 24/11/10, refond en un seul texte juridique, sept directives existantes, dont six directives sectorielles. Elle abroge les directives Incinération et IPPC à partir du 7 janvier 2014. L'article 42 de cette directive IED permet, par exemple, d'exclure les procédés de pyrolyse et de gazéification des déchets du champ de l'incinération, dès lors que, les gaz produits par la pyrolyse ou par la gazéification de ces déchets peuvent être purifiés pour ne pas causer de pollutions supérieures à celles générées par la combustion du gaz naturel. Les procédés permettant de satisfaire ces conditions sont soit des procédés de prétraitement du déchet (broyage, séparation, ...), soit des procédés de traitement *in-situ* (abattage des goudrons sur dolomite, ...), soit des procédés de traitement aval des gaz de synthèse produits, en milieu réducteur (dépoussiérage, abattage du H₂S, abattage du CO, ...), ou leurs combinaisons.

D'une manière générale, aucune des ressources issues de déchets ou sous-produits ne peut donner directement une fraction utilisable en valorisation énergie ou matière (chimie, fermentation, ...), sans devoir subir des traitements préalables, aussi bien de pré-conditionnement, de purification, de fractionnement, d'extraction, ainsi que des opérations de concentration, de conversion chimique ou biologique, de raffinage et de fonctionnalisation finale, qui s'avèrent donc des opérations unitaires indispensables pour le passage du déchet au produit.

Actuellement, la gazéification de déchets suivie d'une épuration poussée du syngaz produit, permettant de satisfaire les conditions d'entrée en réacteur de conversion catalytique en hydrocarbures oléfiniques et paraffiniques (Fischer-Tropsh), ou en bio-SNG par méthanation, est-elle proche de satisfaire ces nouvelles conditions IED.

De même pour les conversions biologiques de déchets organiques par fermentation anaérobie, et après épuration du biogaz et enrichissement en bio-méthane par décarbonatation, conduisent-elles à la possibilité de sa réinjection sur le réseau de distribution de gaz naturel.

Une voie hybride pour la production d'éthanol à partir de déchets est en cours de développement, combinant une transformation thermochimique à une conversion biologique par fermentation du syngaz produit. L'intérêt de cette voie est que la première étape est peu sensible à la nature de la charge traitée et à ses polluants, la seconde étape étant réalisée, après épuration poussée du syngaz.

Le rendement de conversion de la biomasse en éthanol semble meilleur que ceux obtenus par les voies biochimique ou thermochimique directes. Son principal intérêt est l'utilisation de basses température et pression, pour la conversion du syngaz, contrairement aux voies thermochimiques, évoquées plus haut, ainsi que l'élimination des étapes de prétraitements chimiques et d'hydrolyse enzymatiques, sensibles aux polluants et nécessitant le recours à des enzymes coûteuses.

LES VEROUS RÉGLEMENTAIRES ET ÉVOLUTION DE LA RÉGLEMENTATION

Marie-Pierre MAITRE, *Avocate associée au cabinet HUGLO LEPAGE*

Si la bioraffinerie est la raffinerie du 21ème siècle, il faut alors se demander si la réglementation actuelle en droit de l'environnement est bien un atout pour son développement et non un frein.

Ainsi, les produits issus de la bioraffinerie répondent aux objectifs de réduction des émissions de gaz à effet de serre fixé par le Grenelle de l'environnement.

Quant à la directive cadre déchet et sa transposition en droit français, elle apparaît plutôt comme un atout pour la bioraffinerie au regard de sa nouvelle définition des notions de déchets et de sous produit mais également en ce qu'elle permet la sortie de la qualité de déchet et favorise la valorisation par rapport à l'élimination.

Reste alors à identifier les contraintes liées à l'application du règlement Reach en la matière.

Résumés des Posters

*Les posters référencés 002, 003, 012, 013 ont été sélectionnés
par le comité scientifique
pour une présentation flash à partir de 13H45.*

Transformation de déchets textiles cellulosiques en sorbitol, molécule plateforme d'intérêt

Frédéric BATAILLE, J. BARBIER, A. BRIAND, S. SOUM

VALAGRO Carbone Renouvelable, 40 avenue du recteur Pineau, 86022 POITIERS Cedex

La raréfaction des ressources fossiles et leur impact négatif sur les émissions de gaz à effet de serre conduisent à considérer la biomasse lignocellulosique pour une utilisation dans les domaines de l'énergie, des transports et de l'industrie. Sa production mondiale annuelle de 200 milliards de TEP en fait la principale source de carbone renouvelable. Parmi les différentes provenances de la biomasse, la valorisation des déchets organiques issus des industries et des activités humaines est regardée avec intérêt. Toutefois, ces gisements fatals plus ou moins diffus nécessitent de développer des filières depuis la collecte des déchets jusqu'à leur valorisation en passant par le tri.

Les déchets textiles sont issus de déchets neufs (chutes de production) et des chiffons et textiles usagés des ménages et des entreprises. En France, leur gisement annuel est estimé à 700 000 tonnes. Cependant, sur les 106 000 tonnes collectées, seulement 75 000 sont réemployées et valorisées comme fripes d'occasion, tissus d'essuyage industriel ou pour le marché de l'export. Statistiquement, ces déchets sont constitués de 60% de fibres cellulosiques (55% de fibres coton et 5% de fibres synthétiques : viscose et acétate de cellulose), soit un gisement potentiel de cellulose important.

A partir de cette source originale en cellulose, VALAGRO a mis au point un procédé de dépolymérisation des textiles coton par hydrolyse biochimique pour conduire au glucose. Les colorants sont ensuite extraits du jus sucré par purification sur résine ayant une forte affinité pour les noyaux aromatiques (composés de type azoïque). Le glucose détoxifié permet de produire un nombre important de molécules d'intérêt (éthanol, acide lactique, xanthane, sorbitol, ...).

Obtenu par hydrogénation du glucose, le sorbitol est d'abord valorisé dans l'industrie agroalimentaire (édulcorant) mais son utilisation en tant que molécule plateforme d'intérêt pour la chimie fine est grandissante. Ainsi, en jouant sur la nature du catalyseur et sur les conditions opératoires, il est possible d'orienter la réaction et la sélectivité des produits obtenus. Par exemple, la conversion du glucitol, sous 40 bar d'hydrogène et en présence d'un catalyseur à base de cuivre, conduit à basse température à la coupure des liaisons C-C (formation de glycérol et d'éthylène glycol). Par contre à haute température, des coupures C-O se produisent par déshydroxylation pour former du propanediol-1,2 et du butanediol-1,2. Tout autrement, sur un catalyseur bimétallique base cuivre, la cyclodéshydratation du sorbitol en isosorbide est favorisée avec un rendement de l'ordre de 90% et une productivité applicable industriellement.

Coût réduit du bioraffinage et bilan énergétique amélioré par utilisation conjointe du réacteur OsmoGas® et du réacteur Gasif-Pure® combiné, Gazéification / Pyrolyse Flash.

Isaac BEHAR

Biomass SynGas Energy, 3 rue des Acacias, 75017 Paris

Le réacteur OsmoGas®, exploitant l'osmose en phase vapeur, a la forme d'une serre, caractérisée par une enveloppe externe étanche à l'eau et à la vapeur, renfermant un film semi-perméable à la vapeur et étanche à l'eau, un extracteur entre le film semi-perméable et la paroi externe et un point froid permettant de condenser la vapeur perméée à travers le film ; l'eau condensée est pure et recyclable.

Par effet de serre et/ou par récupération de calories basse température disponibles, la température des déchets, des rejets industriels ou environnementaux s'élève à 60 – 80 °C, augmentant la différence de pression partielle de vapeur, de part et d'autre du film semi perméable.

Par pression osmotique la vapeur migre de la forte pression partielle vers la faible pression partielle jusqu'à siccité, sans coût énergétique.

Le réacteur de gazéification Gasif-Pure® est un réacteur à lit fixe horizontal, avec craquage du goudron pour obtenir un SynGas propre. Un circuit du gaz pyrolytique permet la trempe d'une partie du gaz (=> Pyrolyse Flash) créant un réacteur combiné Gasif-Pure® de Gazéification ET de BtL (Biomass to Liquid), sans avoir besoin d'apporter de l'énergie pour liquéfier la biomasse.

Le ratio SynGas / BtL est ajustable et le SynGas peut simultanément alimenter un moteur couplé à un alternateur, cogénération électricité et chaleur.

La biomasse liquide, constituée de polymères oxygénés peut être désoxygénée, et de manière plus générale raffinée, par transposition aux bio-huiles, des techniques de raffinage pétrolier.

La concentration des rejets industriels et environnementaux par OsmoGas®, sans dépenses énergétiques, permet également un traitement physico-chimique pour isoler les molécules d'intérêt.

L'orientation initiale du bio-raffinage était "Gazéification + Purification du SynGas + Fischer Tropsch". La sensibilité du catalyseur Fisher-Tropsch aux traces de polluants, conduit à augmenter la taille de la bioraffinerie pour amortir le coût de l'épuration. Les volumes de biomasse nécessaires ne pouvant, écologiquement et économiquement être transportés sur de grandes distances à l'état solide, le consensus conduit à une liquéfaction préalable, introduisant un coût énergétique supplémentaire.

L'implantation du réacteur OsmoGas® et des réacteurs Gasif-Pure® combinés (Gazéification/BtL) sur le lieu de production de la plante entière ou des rejets industriels et environnementaux, permet d'augmenter la valorisation du bioraffinage, quelle que soit la technique utilisée (Fischer-Tropsch, transposition des techniques pétrolières, ou séparation physico-chimique des molécules d'intérêt.

Contribution de la chimie fine à la valorisation de ressources issues de la biomasse-Fonctionnalisation de dérivés halogénés par une réaction d'addition conjuguée

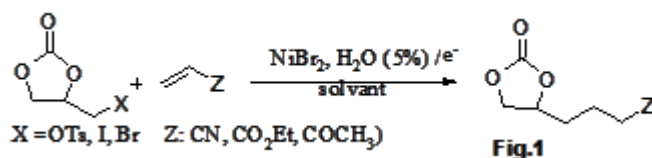
Michael Davi, Julia Bensemhoun, **Sylvie Condon**

Institut de Chimie et des Matériaux Paris-Est, CNRS UMR 7182, Université Paris-Est Créteil Val de Marne, Equipe d'Electrochimie et Synthèse Organique, 2 rue Henri Dunant 94320 Thiais, France, condon@icmpe.cnrs.fr

Les petites molécules issues de la biomasse et dérivés ont un intérêt croissant pour l'élaboration de nouveaux matériaux[1] en vue de limiter notre dépendance vis-à-vis des matières premières fossiles ; ceci dans la perspective d'un développement durable. En chimie fine, ces molécules, souvent polyfonctionnelles, chirales ou présentant des centres prochiraux offrent également des perspectives attrayantes (ligands, solvants, matières premières à valeur ajoutée).

Notre équipe a montré, par le passé, comment il était possible d'engager des halogénures organiques, dans des réactions simples de mise en œuvre pour créer en une étape des liaisons C-C en associant la catalyse par les métaux de transition à l'utilisation du procédé électrochimique à anode soluble.[2] Cette méthode économe en étapes permet de générer in situ le catalyseur au bon degré d'oxydation, la formation d'espèces organométalliques intermédiaires. Les synthèses de biphényles dissymétriques,[3] d'aryl propionates[4] ou encore de produits d'addition conjuguée[5] se font en une étape et elles présentent une excellente compatibilité fonctionnelle.

Nous souhaitons montrer comment des dérivés du carbonate de glycérol ou le solkétal (Fig. 1) peuvent conduire à des synthons originaux par une application directe de ce procédé. Des travaux préliminaires réalisés en prenant comme modèle d'étude la réaction d'addition conjuguée par voie électrochimique montrent la faisabilité de notre approche. L'activation de dérivés halogénés ou pseudohalogénés, obtenus à partir de précurseurs d'origine naturelle, grâce à une catalyse par un complexe du nickel, en présence d'oléfines pauvres en électrons, permet par la création d'une liaison C-C le greffage de groupements fonctionnels variés (Fig.1). L'avantage de ce procédé et son adaptation à une chimie plus respectueuse de l'environnement seront discutés.



- [1] Rabetafi ka, H. N. Paquot, M.; Dubois, P. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.*, 2006, 10, 185
- [2] Chaussard, J.; Folest, J. C.; Nédélec, J. Y.; Périchon, J.; Sibille, S.; Troupel, M. *Synthesis*, 1990, 369
- [3] Meyer, G.; Troupel, M.; Perichon, J. *Journal of Organometallic Chemistry*, 1990, 393, 137-42
- [4] Durandetti, M.; Gosmini, C; Perichon, J. *Tetrahedron*, 2007, 63, 1146
- [5] S. Condon, S.; Nédélec, J. Y.. *Synthesis*, 2004, 3070

Un réacteur pour comprendre la saccharification de la biomasse végétale

R. Looten, **Marie-Françoise Devaux**, P. Robert, E. Bonnin, P. Papineau, A. Sire, L. Saulnier, C. Lapierre, F. Guillon

UR1268 Biopolymères Interactions Assemblages, INRA, F44300 Nantes, France

L'utilisation des enzymes pour la saccharification de la biomasse végétale nécessite une meilleure compréhension des limites physiques et bio-chimiques des procédés de dégradations enzymatiques.

Un réacteur torique a été développé pour suivre l'évolution de la taille des fragments de tissus végétaux au cours d'une dégradation enzymatique.

Le réacteur est composé d'un tore comportant une hélice qui permet l'agitation du milieu réactionnel et une fenêtre pour la visualisation des particules dans le réacteur. L'éclairage des échantillons permet la diffusion de la lumière à travers les particules et des images des particules en suspension sont acquises à des temps donnés par une caméra vidéo. La température peut être ajustée jusqu'à 60°C et le pH régulé. La modification des tailles de particules est quantifiée par analyse d'images en niveau de gris, sans segmentation des particules. En parallèle, les produits de dégradation sont analysés par une méthode colorimétrique à partir de prélèvements réalisés au cours de la dégradation enzymatique.

Des échantillons issus de trois lignées de maïs contrastées en digestibilité chez le ruminant ont été utilisés pour valider la démarche. Le matériel analysé pour son aptitude à la saccharification correspondait aux plantes entières sans épi. Un contrôle sans enzymes et deux essais de dégradations enzymatiques ont été réalisés pour chaque échantillon. Environ 600mg de matériel broyé est analysé après élimination du matériel soluble dans l'eau. Les dégradations enzymatiques sont réalisées à 40°C, pendant sept heures en présence d'un mélange de cellulase et d'hémicellulases commerciales (Novozyme _Celluclast NS50013, β -Glucosidase NS50010).

La taille des particules diminue au cours de la dégradation enzymatique et 77 à 85% de la matière introduite dans le réacteur est récupérée à la fin de la réaction. La dégradation est rapide durant les deux premières heures. Après sept heures de dégradation, 30 à 40% des oses totaux sont dégradés. Les différents génotypes sont distingués en fonction de l'évolution de tailles de leurs particules et du taux de libération des oses. Aucune évolution de la taille des particules ou des oses libérés n'est observée pour les contrôles sans enzymes.

Ces résultats montrent que ce réacteur est un outil pertinent pour étudier le potentiel de saccharification de différentes plantes. Il peut également être utilisé pour étudier l'efficacité de préparations enzymatiques sur la saccharification de la biomasse lignocellulosique.

Développement intégré de procédés pour le bioraffinage de la microalgue *Porphyridium cruentum*

Jubeau Sébastien ^{a*}, Marchal Luc ^a, Jaouen Pascal ^a, Fleurence Joël ^b

a : GEPEA, Université de Nantes, CNRS, UMR6144 Bd de l'Université, CRTT, BP 406, 44602 Saint-Nazaire Cedex, France

b : Mer Molécules Santé (MMS), EA 2160, Université de Nantes, Fédération "Pôle Mer et Littoral" 2 rue de la Houssinière, B.P. 92208, 44322 Nantes cedex3, France

* sebastien.jubeau@univ-nantes.fr

Mots-clés : Bioraffinerie, *Porphyridium cruentum*, ultrafiltration

La microalgue rouge, *Porphyridium cruentum*, est la principale source actuelle de B-Phycoérythrine, un pigment rose aux propriétés fluorescentes. Ce pigment hydrosoluble peut être utilisé, lorsqu'il est suffisamment pur, comme marqueur fluorescent. Cette purification étant assez difficile à réaliser, le coût du produit final est élevé (~100 euros/mg).

Mais *P. cruentum* produit également d'autres molécules à haut potentiel telles que des ExoPolySaccharides (EPS), des antioxydants (SuperOxydeDismutase SOD, Co-enzyme Q10, β -carotène), des lipides d'intérêt (ω 3 et ω 6). Ces composés peuvent être utilisés respectivement comme agents texturants (phycocolloïdes), additifs pour les cosmétiques et compléments alimentaires.

En général les traitements connus sont optimisés pour l'extraction d'un seul composé d'intérêt, sans considérer leur impact sur les autres molécules d'intérêt. Dans un processus intégré de valorisation entière de la biomasse, on prend en compte chaque type de molécule et on implémente des techniques sans effet néfaste pour les différentes fractions. Le résultat final attendu est la définition détaillée d'un procédé de bioraffinerie (séquence d'opérations unitaires) qui mène à des fractions enrichies des principales molécules cibles sans dégradation d'aucune des fractions. L'évaluation économique et environnementale devrait être la plus favorable possible.

Grâce aux données de la littérature et à des études expérimentales, nous avons mis en place une voie de valorisation de *P. cruentum*. Elle se caractérise par une culture de la microalgue en deux temps, suivie d'une centrifugation pour séparer le surnageant (riche en SOD et en EPS) des cellules, d'une destruction de ces dernières et enfin de diverses étapes de séparation des composés telles que :

- La purification d'un extrait aqueux de B-PE par ultrafiltration, par un système aqueux diphasique, par précipitation au sulfate d'ammonium ;
- La concentration des EPS par ultrafiltration ;
- L'extraction de composés apolaires par des huiles naturelles.

Seront présentés le principe du procédé de raffinage proposé pour *Porphyridium cruentum* ainsi que l'importance de l'étape de destruction cellulaire.

Ce sujet de recherche et développement a été initié par deux laboratoires de l'Université de Nantes (MMS et GEPEA) et sera développé dans le cadre d'un programme ANR 2010 «ALGORAFFINERIE» entre les laboratoires LCA (INPT), GEPEA (Univ Nantes), LGCB (Univ Clermont-Fd) et la société Algosource Tech.

Production d'énergie stockable à partir de phytoplancton alimenté en eaux usées

Jean-Louis KINDLER

Ennesys 86 rue de Paris 91400 Orsay

Ennesys développe des systèmes industriels implantés sur bâtiments ; produisant des sources d'énergie environnementalement responsables et économiquement compétitives à partir d'un milieu aqueux composé d'eaux usées chargées en nitrates et enrichies en CO₂.

La Solution Ennesys consiste à faire croître, dans un système fermé appelé photobioréacteur, une variété de phytoplancton (micro-algue) spécifiquement sélectionnée dans un milieu aqueux. Ce milieu est composé en partie d'eaux usées (eaux vannes) contenant une quantité de préférence connue et stable de nitrates, phosphates et potasse, dans laquelle aura également été dissous du CO₂ au moyen de technologies brevetées. Ce système s'appuie donc à la fois sur le phénomène naturel de photosynthèse des algues et sur leur capacité à dégrader les matières minérales contenues dans les eaux usées.

Après obtention d'une culture de phytoplancton mature, la biomasse est récoltée et transformée en différentes sources d'énergie stockables : liquide, solide ou gazeuse. Ainsi, la Solution Ennesys permet une valorisation des produits sortants du procédé selon les besoins du site d'implantation.

Valorisation des sortants :

Algolipides (source d'énergie liquide) : Les algolipides, récupérés après le processus de séparation peuvent être utilisés comme tels dans des moteurs à explosion convertis à cet effet. La biomasse brute peut également être convertie en hydrocarbure liquide au moyen d'un procédé de pyrolyse. Dans ces deux cas, le carburant obtenu sera utilisé pour de la cogénération, voire trigénération (électricité, chaleur et froid)

Les lipides obtenus pourront également servir dans le domaine des biomatériaux comme la création de bioplastique, ou encore dans le domaine de la Nutrition avec la sélection d'Oméga 3.

Biomasse végétale : La biomasse récupérée sera incinérée et produira de l'énergie électrique et thermique au même titre que les algolipides. Alternativement, elle pourra être digérée au cours d'une étape de fermentation, pour produire du méthane. Certaines biomasses, chargées en protéines, servent de précurseur à la chimie verte.

Gaz : L'hydrogène obtenu sera utilisé dans une pile à combustible afin d'obtenir électricité et énergie thermique.

Le méthane récupéré sera quant à lui directement transformé en énergie thermique par combustion.

Eau : Après récolte, l'eau du milieu de culture a été débarrassée de ses polluants organiques et est récupérée. Elle sera utilisée pour le réseau d'eaux grises (toilettes, arrosage, nettoyage de voirie...) remplaçant ainsi de l'eau potable qui n'est pas nécessaire dans ces usages.

Risques industriels et impacts environnementaux liés à la valorisation de déchets de biomasse : les recherches et travaux à l'INERIS

Guy MARLAIR, V. BERT, S. EVANNO, K. ADAM

INERIS Parc technologique Alata BP2 60550 VERNEUIL EN HALATTE

Le bioraffinage est un mode de production en devenir, dans lequel les déchets et sous-produits de la biomasse trouvent des opportunités de valorisation uniques et prometteuses.

En effet, de plus en plus, les bioraffineries tendent vers un modèle de valorisation optimisée de ressources biosourcées dont l'émergence selon les feuilles de routes les plus récentes est située vers les années 2020-2030. Dans ce modèle, le concept de valorisation de la plante entière ainsi que l'application des 12 principes de la chimie verte sont de rigueur. Par ailleurs, les principes d'écocoefficiance militent à la fois en faveur d'économies d'énergie et la valorisation énergétique de certains déchets qui peuvent trouver ainsi dans certaines circonstances leurs meilleurs débouchés en comparaison avec d'autres valorisations plus rustiques ou tout simplement le traitement en tant que déchet, hors site.

Enfin des déchets «exogènes» au fonctionnement même de la bioraffinerie peuvent trouver une valorisation au sein de certaines briques technologiques constitutives des bioraffineries du futur.

Ce poster illustre cette mouvance en décrivant quelques initiatives récentes développées par l'INERIS ou auxquelles l'INERIS est associé. La valorisation de ces déchets ou sous-produits les plus divers mérite un regard particulier en termes de maîtrise des risques et des impacts à l'environnement. En appui à cette dernière remarque, on couvrira principalement par l'exemple l'implication de l'INERIS dans le programme GENESYS du projet PIVERT, récemment élu IEED, les travaux couvrant les évaluations des risques industriels et des impacts environnementaux et sanitaires liée la méthanisation des déchets, ainsi que les travaux étudiant diverses voies de valorisation de biomasses contaminées par des métaux lourds issues d'opération de phyto-remédiation (projet européen GREENLAND).

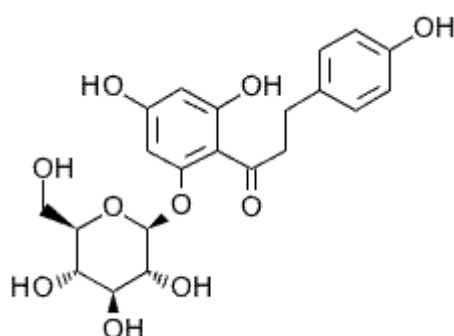
A New Process for the Production of Pure Phloridzin from Apple Seeds

Patrice MOREL

CBB Développement – 9, rue du Clos Courtel – 35700 Rennes – France

Lorée Jean-François

Les Celliers Associés – 24, rue de Dinan – BP 3 – 22690 Pleudihen sur Rance



The dihydrochalcone phloridzin is a natural product and dietary constituent found in a number of fruit trees [1]. It has been used as a pharmaceutical and tool for physiology research for over 150 years. Indeed, this polyphenol inhibits glucose uptake by the intestine thus lowering blood sugar. It results in weight loss, making phloridzin a potential therapy for obesity and diabetes. Moreover, phloridzin was identified as one of the important compounds stimulating to produce melanin [2].

Over the last few years, phloridzin extracts have been developed starting from fresh apples or by-products such as apple pomace. Phloridzin content of these industrial extracts is either 5 % (w/w) or 25 % (w/w) which in the latter case requires a chromatographic purification step. CBB Développement in partnership with the cider manufacturer Val de Rance has developed and patented a new process to manufacture high purity phloridzin starting from apple seeds [2]. Apple seeds contain about 1% (w/w) phloridzin. What is more, it is the main phenolic constituent of the seed, whereas in the apple fruit phloridzin is mixed with a large variety of polyphenols. As consequence, apple seeds extract purification is much easier and cheaper. The process is based on a hydroalcoholic extraction, followed by a liquid-liquid purification step. Eventually, pure phloridzin is precipitated by hot water crystallization.

This technology is quite simple to up-scale to the industrial scale. Starting from Val de Rance apple seeds production, an average amount of 300 kg of pure phloridzin could be manufactured each year. The manufacturing price is estimated at 900 €/kg whereas the market price of phloridzin is currently 3 000 €/kg.

References

- [1]. Ehrenkranz J., Lewis N., Kahn R., Roth J., Phlorizin : a review, *Diabetes/Metabolism Research and Reviews*, 2005; 21 : 31-38
- [2]. Shoji T., Kobori M., Shinmoto H., Tanabe M., Tsushida T., Progressive effects of phloridzin on melanogenesis in B16 mouse melanoma cells, *Bioscience, Biotechnology and Biochemistry*, 1997, 61 (12), 1963-1967
- [3]. French patent n°2 906 145, n°PCT/EP2007/059669 : Process for extracting phloridzin from apple seeds

Fed-batch anaerobic valorization of agro-industrial by-products through hydrogen and VFA production with mesophilic microbial consortia

Régis NOUAILLE (a,b,c), PESSIOT J(a), TROQUET J(a), PERCHET G(a), LARROCHE C(b)

a-AFYREN Bioenergies, Biobasic Environnement, Biopôle Clermont-Limagne, 63360 Saint-Beauzire cedex, France

b-Clermont Université, Université Blaise Pascal, Institut Pascal, Polytech' Clermont-Ferrand, 24 av. des Landais, BP 20206, 63174 Aubière cedex. France

c-Clermont Université, Université Blaise Pascal, Laboratoire Microorganismes: Génome et Environnement, UMR CNRS 6023, 24 av. des Landais, BP 80026, 63171 Aubière cedex, France

Nowadays, renewable energies are becoming inescapable in a policy of sustainable development. This work aims at setting up a fully instrumented, laboratory scale bioreactor enabling anaerobic valorization of solid substrates through hydrogen and/or volatile fatty acids (VFAs) production using mixed microbial populations (consortia). Substrates used were made of meat-based wastes, especially from slaughterhouses, and of lignocellulosic by-products which are becoming available in large amounts as a consequence of the growing constraints for waste disposal from industries. A pure cellulolytic bacterial strain and a reconstituted microbial mesophilic consortium without Archaeobacteria (methanogens) were cultivated in a 5 L anaerobic bioreactor on cellulose and slaughterhouse wastes.

Experiments were carried out with sequential fed batch operations including liquid medium removal from the bioreactor and addition of fresh substrate. On cellulose, main metabolites were hydrogen (2.4 mol H₂/mol glucose equivalent), VFA (0.21 g of acetic acid/g dry matter (DM)) and ethanol (0.17 g of ethanol/g DM). On meat-based wastes, main metabolites observed were VFAs and nitrogen (N₂) while hydrogen accumulation was very low, yields obtained for VFAs reached 0.38 g/g DM after 1300 h of culture.

This work is part of a scientific program supported by the French agency "Agence Nationale de la Recherche" (ANR) with the reference ANR-08-BIOE-013. A new company named AFYREN Bioenergies has emanated from these results. This society is specialized in engineering and microbiology for the valorization of non food biomass into bioenergies.

Les lombriciens au service de l'agriculture ? Valorisation des déchets d'olive par compostage et lombricompostage.

Ghania OUAHRANI*, Benziane A. *, Chetoune A. & Gheribi-Aoulmi Z**

* Lab. Ecologie Fac. des Sci. de la Nat. et de la Vie. Univ. Mentouri. Constantine. DZ.
ouahranirania@yahoo.fr

** Lab. Maths. Appli. et Modélisation. Fac. des Sci.Exactes. Univ. Mentouri. Constantine. DZ.
gheribiz@yahoo.fr

L'objectif de notre étude est une contribution à la valorisation des déchets d'olive par compostage et lombricompostage issus de l'unité de trituration d'huile d'olive Ramdane Rachid ben Ahcène (El Massiaf, wilaya de Jijel, Algérie).

Ces déchets d'olive (O) ont été testés en absence de vers de terre (compostage= C) ou en présence de vers de terre de l'espèce *Eisenia fetida* (lombricompostage=L). Au cours de cette expérimentation des paramètres physicochimiques (T°C, pH, poids frais, taux d'humidité et taux de carbone) et biologiques (effectif des vers de terre et leur biomasse) ont été mesurés et analysés. Un test de germination avec des graines d'orge a été effectué sur le substrat obtenu.

Les résultats de l'ANOVA, montrent qu'il n'existe pas une grande différence de la température et du pH qui est de nature neutre, entre le compostage et le lombricompostage des déchets d'olive.

Le poids et le taux du carbone diminuent différemment selon la composition des milieux des lombricompostières, par contre l'humidité augmente.

Par ailleurs, le pH moyen (=7) et la température moyenne (= 21,6 °C) qui sont enregistrés dans le milieu LpO(=Lombricompostage papier+Olive), sont favorables pour le développement et la survie des vers de terre. En effet, nous avons dénombré un effectif en phase finale de l'expérimentation de 453 individus comparativement à 10 individus au début de l'essai. Nous notons une nette évolution de la biomasse et de l'effectif des vers de terre dans les lombricompostières LO (= lombricompostage des déchets d'olive) et LpO(= Lombricompostage de papier+déchets d'olive). Ainsi, la présence des déchets d'olive contribue largement à la multiplication des vers de terre et représentent une alimentation de bonne qualité pour *Eisenia fetida*.

Quant au test de germination avec des graines d'orge, montre que les meilleurs résultats (taux de la germination (%), poids de la matière fraîche et poids de la matière sèche) sont réalisés lorsqu'on enrichit le lombricompost des déchets d'olive avec du papier.

Mots clés : Valorisation, déchets organiques, compostage, lombricompostage, plan d'expérience, ANOVA.

Valorisation of Marine Biomasse "The Chitosane" in Sludge Conditionnement

Hassiba ZEMMOURI^{1, 2}, H. Lounici², N. Mameri²

1. Centre de Développement des Energie Renouvelables, BP. 62 Route de l'Observatoire Bouzaréah , Alger, Algérie

2. Laboratoire de Biotechnologie Environnementale et Génie des Procédés, Ecole Nationale Supérieure Polytechnique, 10, Avenue Hassen Badi, BP. 182, El-Harrach, Alger

E-mail: hassiba_zemmouri@yahoo.fr

In a global context of overall reduction of the volume of marine biowaste, reuse of co-products of manufacturing or sea biowaste are part today's of sustainable development priorities. World production of chitin was estimated at 10¹¹ tons per year making. Then, Chitin and its deacetylated derivative chitosan are two of the most common biopolymers widely abundant in nature, after cellulose. Chitin is a common constituent of exoskeletons of crustaceans and cell walls of fungi and insects, composed of N-acetyl-d-glucosamine residues. Chitosan is a linear polysaccharide composed of two repeating units (d-glucosamine units [GlcN] and N-acetyl-d-glucosamine [GlcNAc] units) randomly distributed along the polymer chain and linked by $\beta(1-4)$ -bonds. Chitosan is produced by the chemical deacetylation (alkali treatment) of chitin, whose main industrial source is shellfish waste from food processing (shrimp, squid, and crab). Chitosan is a nontoxic, biodegradable, linear cationic polymer. It is an effective flocculant for suspended solids. It has been often used a good chelating agent for heavy metals recovery from industrial wastewater, such as mercury, chromium, etc. It is reported that chitosan is also more effective in dewatering of active sludge than anion-polyacrylamide, cationpolyacrylamide, and poly-aluminum chloride.

Our study presents an investigation on the application of chitosan as alternative conditioning of sludge from wastewater treatment plant. Conditioned sludge was dried through filtration. The chitosane effects on settling and dewatering and sludge conditioning have been measured. The results from experiments indicated that chitosan had a benefic effect on sludge dewatering, and is able to reducing turbidity and sludge volume. An optimum concentration exists for chitosane as polyelectrolyte conditioner. 2.4 kg / tonne MS followed by filtration of an hour at a pressure of 0.5 bar, resulting in the formation of a cake with a dryness similar to that obtained on a real site (over 35%). These properties, combined with its non-toxicity and low price, make the chitosan as the best substitute to conventional synthetic polyelectrolytes used so far.

Keywords: Activated sludge; chitosan; Sludge properties

Le projet GAYA † : Une approche décentralisée de la Bioraffinerie thermo-chimique

Bessières M.¹, Kara. Y.¹, Marchand B.¹, Aubigny A.², Bertaud F.², Da Silva Perez D.³,
Le Net E.³ & Olivier GUERRINI¹, olivier.guerrini@gdfsuez.com

¹ GDF SUEZ, Centre de recherche sur le Gaz et les Energies Nouvelles, 361 av. du Président Wilson, BP 33, 93211 St-Denis-la-Plaine cedex, France, .

² CTP, Centre Technique du Papier, Grenoble, France

³ FCBA, Institut Forêt Bois Cellulose, Ameublement, Paris, France

† Projet co-financé par l'Agence pour le Développement et la Maitrise de l'Energie (ADEME), France.

Pour relever le défi majeur de l'épuisement des énergies fossiles et du réchauffement climatique, l'augmentation de la part des énergies renouvelables est devenue un défi industriel et écologique de nombreux pays industrialisés et en voie de développement.

Dans le cadre du développement de nouvelles filières de production des énergies renouvelables, la méthanation catalytique est une voie innovante de production de biométhane développée en complément de la méthanisation de 1ère génération (Mozaffarian, 2006).. Le projet GAYA rassemble 11 partenaires académiques et industriels couvrant l'ensemble de la filière technologique et vise à mettre en place à l'échelle industrielle à horizon 2017, une filière performante au niveau technique, économique et environnemental de production de biométhane de 2ème génération par gazéification/méthanation de biomasses lignocellulosiques (bois, pailles,...) (Bamarni J. & Guerrini O., 2011). A terme, ce biométhane pourra être utilisé en tant que biocarburant de 2ème génération injectable dans le réseau de gaz naturel et à destination des usages carburants et combustibles.

A plus long terme, la gazéification se présente comme une des technologies les plus prometteuses pour l'utilisation raisonnée et durable de la biomasse, car elle permet la combinaison de production de bioénergie et de production de co-produits (hydrogène vert, polyaromatiques, sels...) et constitue une opportunité forte de développer la chaîne de la valeur de la biomasse par l'extraction de co-substrats à haute valeur ajoutée type polysaccharides (cellulose, hémicelluloses, pectines,...) (Bain et al. 2003). Les végétaux contiennent notamment une large variété de substances phénoliques facilement extractibles, pouvant présenter des propriétés anti-microbiennes et/ou anti-oxydantes très intéressantes (Murphy Cowan, 1999) (Kähkönen et al., 1999). Un des extraits végétaux parmi les plus puissants antioxydants est ainsi issu des écorces de pin maritime (Packer et al., 1999). L'extraction préalable des sous-produits de l'exploitation forestière semble donc être prometteuse, si elle est devenue intégrée au préalable à la gazéification.

Le projet GAYA vise à intégrer durablement la filière « Biométhane 2G » dans le paysage économique local en développant un approvisionnement en biomasses de proximité et en favorisant les circuits courts afin de tirer le maximum de valeur de la biomasse mobilisée. Cette approche s'insère complètement dans le concept de bioraffinerie qui se veut doublement associée au développement durable à la fois en raison de l'utilisation de ressources renouvelables pour la production d'énergie et de dérivés chimiques en remplacement des ressources fossiles ainsi que pour le développement d'un tissu industriel diversifié favorisant ainsi l'encrage territorial des sites de production.

Références:

Bain R.L., Amos W.A., Downing, M. Perlack, R. L., Biopower Technical Assessment: State of the Industry and Technology, National Renewable Energy Laboratory, Technical report NREL/TP-510-33123, Mars 2003.

Bamarni J. and Guerrini O., - VEGAZ project, Towards a green natural gas efficient pathway through biomass gasification and methanation, EBCE, Berlin 2011.

Kähkönen M.P., Hopia A.I., Vuorela H.J., Rauha J-P, Pihlaja K., Kujala T.S., Heinone M. (1999), ., Antioxidant activity of plant extracts containing phenolics compounds, J.Agric.Food Chem, 47, 3954-3962

Mozaffarian, M., R. W. R. Zwart, et al. (2006). "Green Gas' as SNG (Synthetic Natural Gas); A renewable fuel with Conventional Quality." Science in Thermal and Chemical Biomass Conversion, 6th International Conference, Vancouver Island, Canada 30: 04-085.

Murphy Cowan M. (1999), Plant products as antimicrobial agents, Clinical Microbiology Reviews , 12(4), 564-582

Parker L., Rimbach G., Virgili F. (1999), antioxidant activity and biologic properties of a procyanidin-rich extract from pine (pinus maritime) bark, pycnogenol, Free radical Biology & Medecine, 27 (5/6), 704-724.

Valorisation des sous-produits de l'industrie laitière : co-utilisation des micro-algues pour le traitement des lisiers & digestat de méthanisation et production de suppléments alimentaires pour animaux ou autres produits dérivés

Christophe Cordevant, Dominique Duvauchelle

Eco-Solution Biocitech, ROMAINVILLE

Récemment l'intérêt de la recherche s'est concentré sur la production de biocarburant à partir de micro-algues. Cette vision est cependant réductrice car ces organismes peuvent être employées pour la dépollution, la méthanisation mais aussi l'alimentation du bétail, le tout dans une approche couplée et synergique dans le cadre d'exploitations laitières.

En effet, face à une pression environnementale de plus en plus importante et une réglementation des rejets stricte, les exploitations laitières doivent faire face au double problème de pollution de l'eau et de l'air du fait de grandes quantités de fumier produites sur les fermes. Ainsi, les eaux souterraines et de surface peuvent être contaminées par l'azote et le phosphore présents dans des infiltrations et ruissellements issus de l'activité des exploitations. Les rejets d'azote et phosphore en provenance des exploitations laitières et leurs unités de méthanisation dans des écosystèmes aquatiques adjacents et dans l'atmosphère posent donc un défi à la fois technique et économique aux exploitants agricoles.

Une réponse à cette problématique est de convertir les nutriments et minéraux dissous dans ces effluents, constituant par ailleurs un engrais de choix, en biomasse de micro-algues. De plus, cette alternative peut venir en support de la méthanisation afin de traiter les digestats issus du méthaniseur ainsi que les émissions de CO₂ de ce dernier, mais aussi alimenter celui-ci en biomasse méthanisable. Ainsi en utilisant les déchets, les lisiers, les digestats et le CO₂ du méthaniseur pour la culture de microalgues, on obtient simultanément le traitement de déchets et polluants et la production de biomasse d'intérêt.

Dans ce contexte, Eco-Solution propose un projet visant à la dépollution et la production micro-algale associé à une exploitation laitière. Certaines micro-algues apparaissent être de bons candidats pour la culture à partir des lisiers et digestats. En effet, elles produisent de la biomasse en quantité satisfaisante et peuvent être récoltées assez facilement en raison de leur taille et structure. En outre, la composition de la biomasse peut être orientée par plusieurs facteurs environnementaux et opérationnels en vue de produire une biomasse avec des caractéristiques pouvant convenir pour l'alimentation du bétail et/ou la méthanisation et/ou d'autres applications. Le programme présenté ci-après comporte les étapes allant de la sélection des micro-algues candidates aux applications du projet.

StimulHyal, un actif eco-responsable au service de la peau

Alexis RANNOU, DGA, Directeur Innovation

Anne-Sophie DUTAILLY, Responsable Marketing Opérationnel, SOLIANCE

Romain REYNAUD, Responsable R&D SOLIANCE

SOLIANCE – Route de Bazancourt – 51110 Pomacle

StimulHyal est un actif, approuvé Ecocert, obtenu par biotechnologie en utilisant des ressources renouvelables végétales selon le concept de la Bioraffinerie.

Il augmente le taux d'acide hyaluronique présent dans la peau en ciblant spécifiquement l'expression de HAS2 ; l'enzyme principale impliquée dans la synthèse d'acide hyaluronique de haut poids moléculaire.

Il augmente également la synthèse d'élastine et permet ainsi d'améliorer l'élasticité cutanée.

Cet ingrédient permet à la peau de paraître plus jeune notamment en restaurant le niveau de l'élastine et de l'acide hyaluronique.

StimulHyal est un actif technique, innovant et efficace pour prévenir l'apparition de signes du vieillissement et restaurer la jeunesse de la peau.

PRIMALHYAL 300 – Acide hyaluronique hydrolysé

Alexis RANNOU, DGA, Directeur Innovation

Anne-Sophie DUTAILLY, Responsable Marketing Opérationnel, SOLIANCE

Romain REYNAUD, Responsable R&D SOLIANCE

SOLIANCE – Route de Bazancourt – 51110 Pomacle

La peau est en permanence soumise à des agressions chimiques ou environnementales qui affaiblissent son système immunitaire et conduisent à une accélération du vieillissement.

Soliance propose une solution scientifique pour résoudre ce problème sous un angle différent; PrimalHyal 300 présente des propriétés uniques pour protéger la peau via l'immunité et la réparation cellulaire.

PrimalHyal 300 est un acide hyaluronique hydrolysé sélectionné de moyen poids moléculaire (100-300 Da). Il renforce le système immunitaire cutané inné en stimulant la production de protéines antibactériennes spécifiques; les β -defensines 2. Des tests récents ont montrés également, qu'en réponse à un stress mécanique, il présente des propriétés de réparation rapide et de cicatrisation cutanée.

Approuvé Ecocert, PrimalHyal 300 est un produit éco-conçu, développé par biotechnologie, à partir de ressources renouvelables suivant le concept de la Bioraffinerie.

PrimalHyal 300 aide à maintenir les défenses naturelles de tous types de peaux, particulièrement les plus fragiles, abîmées ou âgées. C'est la solution pour combiner protection et réparation pour une peau jeune et saine.

Projet BIORARE : l'électrosynthèse microbienne pour la raffinerie des déchets organiques

Théodore Bouchez (1), **Laurent Mazéas** (1), Nicolas Bernet (2), Alain Bergel (3), Lynda Aissani (4), Jean-Marc Audic (5)

(1) *Unité de recherche Hydrosystèmes et Bioprocédés, IRSTEA Antony*

(2) *Laboratoire des biotechnologies de l'environnement, INRA Narbonne*

(3) *Laboratoire de Génie Chimique, CNRS et Université Paul Sabatier, Toulouse*

(4) *Unité de recherche Gestion Environnementale et traitements biologiques des déchets, IRSTEA Rennes*

(5) *CIRSEE, Suez Environnement*

L'industrie chimique et la production de carburants sont encore aujourd'hui fortement dépendantes de ressources pétrochimiques. La fabrication de produits fonctionnellement équivalents à partir de ressources renouvelables ("produits bio sourcés") pourrait permettre de diminuer notre impact environnemental et notre dépendance aux ressources fossiles. La pertinence environnementale des produits bio sourcés dépend toutefois en grande partie de la nature de la ressource mobilisée, qui peut avoir des conséquences tant pour la production alimentaire que pour le niveau d'émissions de gaz à effet de serre. Dans ce cadre, l'utilisation de déchets organiques est particulièrement intéressante car elle conduit à des effets de substitution important de ressources fossiles et car ces déchets sont disponibles à un coût réduit voire négatif. Les procédés thermiques étant surtout adaptés pour le traitement des déchets peu humides, les procédés biologiques de conversion de déchets organiques humides consistent aujourd'hui principalement en la méthanisation. La production d'autres types de molécules par contre en est encore au stade de recherches exploratoires.

Le projet BIORARE, financé au titre du Programme Investissements d'Avenir AAP Biotechnologies et Bioressources, s'appuie sur une technologie potentiellement de rupture : l'électrosynthèse microbienne. Il a en effet été récemment montré que les microorganismes pouvaient directement être alimentés à partir d'électricité afin de catalyser des réactions de réduction permettant la synthèse de molécules organiques. Cette découverte ouvre la porte à un rêve technologique que l'on pensait inaccessible : la production directe de carburants et de molécules organiques à partir d'électricité d'origine renouvelable et de CO₂ seulement. De plus, l'électrosynthèse microbienne constitue une technologie extrêmement prometteuse pour une application en bioraffinerie de déchets organiques pour les raisons suivantes : (i) l'oxydation des flux contaminés de déchets peut être physiquement dissociée de la synthèse des produits biosourcés, ce qui facilite grandement la récupération et la purification des molécules synthétisées, et permet d'envisager différemment certains obstacles réglementaires, (ii) l'électrosynthèse microbienne nous offre la possibilité de réguler le potentiel de la cathode, qui est corrélé à l'énergie libre de Gibbs de la réaction à catalyser, offrant ainsi de nouvelles perspectives pour orienter les processus métaboliques microbiens.

Le concept de l'électrosynthèse microbienne n'a que quelques années. En s'appuyant sur des recherches scientifiques, techniques, environnementales et économiques nous identifierons les composants clefs ainsi que les spécifications associées pour l'élaboration d'une stratégie de développement industriel ultérieure. Notre objectif est ainsi d'établir un cahier des charges détaillé pour l'application de l'électrosynthèse microbienne à la bioraffinerie des déchets organiques.

Partenaires

ACTIVITES D'ARD – AGRO INDUSTRIE RECHERCHES ET DEVELOPPEMENTS



Centre référent d'innovation et de valorisation du végétal.

ARD est une structure de recherche privée mutualisée ayant à son capital des acteurs majeurs de l'agri-industrie française ainsi que des coopératives régionales.

Créé en 1989 pour ouvrir de nouvelles voies de valorisation aux productions de ses actionnaires (céréales, betteraves à sucre, luzerne, oléagineux...), ARD a développé des compétences dans le fractionnement et la raffinerie végétale, les biotechnologies blanches (industrielles), la chimie du végétal & l'environnement.

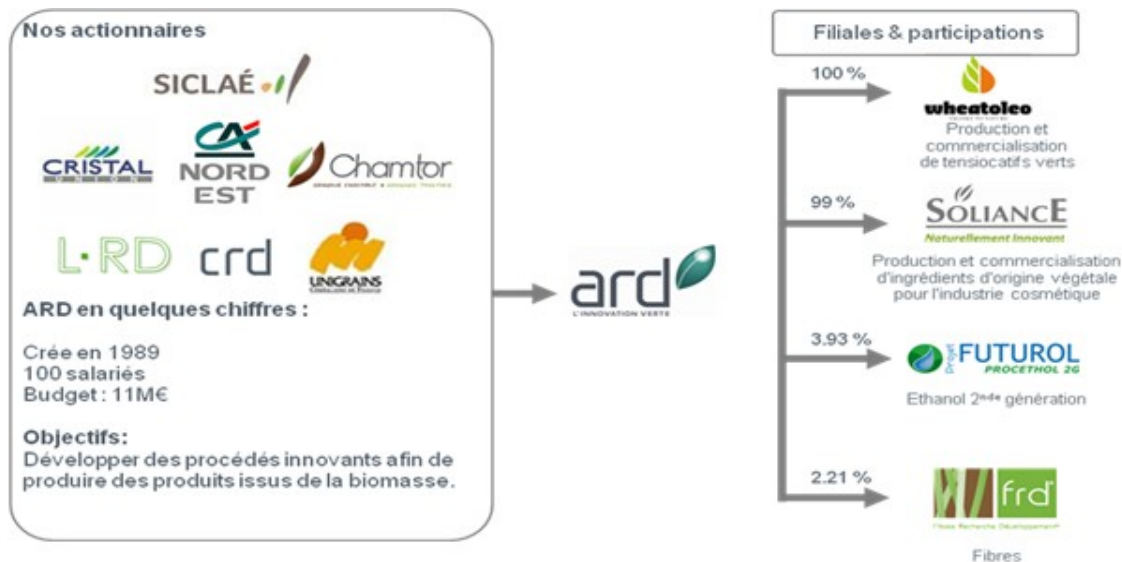
Avec B.R.I. (Bioraffinerie Recherches et Innovations), ARD devient une plateforme d'innovation ouverte contractualisée avec le Ministère de l'Industrie en décembre 2009.

Cette plateforme comprend des unités d'enseignement et de recherche de l'Ecole Centrale Paris, AgroParisTech, Reims Management School et dispose d'équipements de laboratoires, d'installations pilotes et d'une unité de démonstration industrielle BioDémon.

ACTIONNAIRES, FILIALES & PARTICIPATIONS

Président ARD : M. Dominique DUTARTRE

Directeur Général ARD : M. Yvon LE HENAFF



Partie prenante de la bioraffinerie du végétal

ARD est intégré au cœur d'un système innovant d'écologie industrielle sur la plateforme des Sohettes, bassin de transformation industrielle des matières premières agricoles locales, où les synergies entre flux de matières premières, eau et énergie sont optimisées.

Agro industrie Recherches et Développements - Route de Bazancourt - 51110 Pomacle – France
Tel : +33 (0) 3 26 05 42 80 - Fax : +33 (0) 3 26 05 42 89
www.a-r-d.fr – contact@a-r-d.fr



PÔLE DE COMPÉTITIVITÉ IAR

Le Pôle de Compétitivité IAR, Pôle de la bioraffinerie au cœur de la chimie du végétal et des biotechnologies industrielles.

Le Pôle IAR a pour objectif de valoriser l'innovation végétale au profit d'applications industrielles concrètes. Le point de départ est la production agricole et la biomasse végétale. La finalité est de concevoir autrement et durablement les produits et matériaux biosourcés de demain nécessaires à la fabrication de biens de la vie courante.

De l'idée au développement, en passant par la recherche de financements, le Pôle soutient les porteurs de projets quelle que soit leur taille. Les projets s'appuient sur le modèle de la bioraffinerie.

IAR compte plus de 200 adhérents qui représentent l'ensemble de la filière.

A travers eux, le Pôle ambitionne de devenir la référence européenne pour les valorisations des agroressources à l'horizon 2015.





VEOLIA ENVIRONNEMENT, LEADER MONDIAL DES SERVICES A L'ENVIRONNEMENT

Présent sur les cinq continents, dans **74 pays, avec plus de 310 000 salariés**, Veolia Environnement apporte des solutions sur mesure aux industriels comme aux collectivités dans quatre activités complémentaires : **la gestion de l'eau, la gestion des déchets, la gestion énergétique et la gestion des transports collectifs de voyageurs.**

Des solutions environnementales novatrices à la croisée des disciplines scientifiques

Face aux grands défis environnementaux que posent la croissance démographique, l'urbanisation galopante et la rareté des ressources, la Recherche et Innovation de Veolia Environnement est plus que jamais investie d'un rôle stratégique pour apporter, dans ses domaines de compétence, des solutions novatrices concrètes.

Elle dispose de 900 chercheurs et développeurs terrain répartis dans plusieurs centres et antennes sur les différents continents et de près de 200 pilotes de test.

Ouverte sur le monde, elle est également nourrie par un tissu de près de 200 partenaires publics et privés à travers le monde, qui lui permettent d'innover aux quatre coins de la planète, au plus près des besoins des marchés.

Organisée spécifiquement pour favoriser les approches croisées et multidisciplinaires, elle est plus que jamais en mesure d'inventer à l'interface des différents métiers, pour relever les enjeux environnementaux complexes de demain.

Dessiner la station d'épuration du futur en bio-raffinerie

A la frontière des métiers de l'eau et de l'énergie, la question de la valorisation matière et énergétique des boues est un enjeu environnemental majeur. Demain les stations d'épuration des eaux usées urbaines seront en effet bien plus que des usines de dépollution.

Elles produiront de multiples ressources : de l'eau réutilisable pour les besoins humains, de l'énergie verte, du bioplastique ou des matières minérales. Pour faire entrer l'assainissement dans l'ère de l'éco-économie, les chercheurs de Veolia Environnement, en lien étroit avec les entités opérationnelles du Groupe spécialisées sur ces sujets, associent ainsi biotechnologies, biochimie et microbiologie avec génie des procédés et mathématiques appliquées.

Grâce aux avancées de la Recherche & Innovation, Veolia Eau a ainsi pu inaugurer fin 2011 dans la plus grande station d'épuration de Belgique, à Bruxelles, un prototype de production de matières plastiques biodégradables à partir du carbone des boues. Les bactéries utilisées ont en effet le pouvoir d'accumuler le carbone sous forme de réserves de biopolymères, des composants avec des propriétés similaires à celles de produits de l'industrie chimique. Leur production est ensuite récupérée et valorisée en matériau utilisable par les plasturgistes pour la fabrication pièces en plastique, par exemple.



Entreprise de Biotechnologie Innovante créée en 2009 en Région Bordelaise par Pierre CALLEJA, Fermentalg développe des activités de R&D sur des procédés brevetés de production de microalgues par hétérotrophie sur substrats issus de sous-produits inclus.

La R & D s'articule autour :

- D'une plateforme screening haut débit de souches de microalgues, son rôle est de mettre en évidence un grand nombre de microalgues issues de la biodiversité, capables de croître en conditions hétérotrophes et de produire des quantités importantes de molécules d'intérêts.
- Développement de procédés de fermentation et d'extraction scale-up pour industrialisation.

Les substrats organiques d'intérêts proviennent de sous-produits de différentes industries qui sont ainsi valorisés.

La société possède 2 500 mètres carrés de laboratoires dans lesquels se répartissent 35 chercheurs sur plusieurs programmes de travail.

Applications des produits issus de la recherche :

- La Chimie Verte
- La Cosmétique, Santé
- La Nutrition dont les Oméga 3, Anti-Oxydants, Pigments
- L'Energie, l'Algocarburant

EIMA (Exploitation Industrielle des MicroAlgues), un projet collaboratif de 14 millions d'Euros de budget soutenu par OSEO :

- 5 entreprises : Fermentalg (chef de file), Rhodia, Lactalis, Pierre Guérin, Sanders
- 2 centres de ressources technologiques : CRITT , Bio-Industries et ITERG
- 1 laboratoire académique : le CEA – Service de Biologie Végétale et de Microbiologie Environnementale
- Des sous-traitants clés : CEA Marcoule, IFTS, IMBL Lyon, Avénium Consulting.

PARTICIPANTS

Karine-----ADAM-----INERIS
Grégoire-----ALADJIDI-----DEMETER PARTNERS
Maria-----ALBUQUERQUE-----VEOLIA ENVIRONNMENT RECHERCHE ET INNOVATION
Karim-----ALLAF-----UNIVERSITE DE LA ROCHELLE
Alain-----AMOYEL-----BRUKER DALTONIQUE
Flore-----AREAS-----ENNESYS
Rémi-----BARBIER-----ENGEES ET IRSTEА
Frédéric-----BATAILLE-----VALAGRO CARBONE RENOUVELABLE
Isaac-----BEHAR-----SARL BIOMASS SYNGAS ENERGY
Jean-Pascal-----BERGÉ-----IFREMER
Frédérique-----BERTAUD-----CENTRE TECHNIQUE DU PAPIER
Jean-Luc-----BERTINI-----MAGAZINE INDUSTRIE ET TECHNOLOGIE
Xavier-----BLANQUEFORT-----CHIMEDIT
Anette-----BOGSTADT-----IPTEH / ARD - PLATEFORME D'INNOVATION B.R.I
Léonard-----BONIFACE-----ADEME
Laurent-----BONVALET-----UPM FRANCE SAS, ETABLISSEMENT CHAPELLE DARBLAY
Talel-----BOUHAMDA-----ALGAESTREAM
Jean-François-----BOUSSARD-----BIOCITECH
Thérèse-----BOUVERET-----BIOTECHINFO/BIOÉNERGIES
Laurence-----BRUNISSEN-----SIPRE
Céline-----BRUYERE-----VEOLIA
Pierre-----CALLEJA-----FERMENTALG SA
Nathalie-----CAMUS-----GDF SUEZ
Jean-Marie-----CHAUVET-----ARD - PLATEFORME D'INNOVATION B.R.I
Alain-----COMTE-----UPM FRANCE SAS, ETABLISSEMENT CHAPELLE DARBLAY
Sylvie-----CONDON-----ICMPE / UNIVERSITÉ PARIS-EST CRÉTEIL
Christophe-----CORDEVANT-----ECO-SOLUTION
Marc-----CRITON-----MAYOLY SPINDLER
Stéphane-----DECOUFLET-----THERMO FISHER SCIENTIFIC
Claire-----DEGOUT-----GIE EURASANTE
Olivier-----DELMAS-----INERIS
marie-françoise-----DEVAUX-----INRA
Benoit-----DIDIER-----SAINT-GOBAIN RECHERCHE
Eric-----DILLARD-----ADEBIOTECH
Hélène-----DUCATEL-----CVG
Dominique-----DUVAUCHELLE-----ECO-SOLUTION
Suren-----ERKMAN-----UNIVERSITÉ DE LAUSANNE
Paulo-----FERNANDES-----VEOLIA ENVIRONNEMENT RECHERCHE ET INNOVATION
Jérôme-----FRANCOIS-----BASF IW/M
Véronique-----GIROUD-----UNIGRAINS
Alain-----GRIOT-----MEDDTL
Olivier-----GUERRINI-----GDF SUEZ
hélène-----GUYOT MASSARI-----BIOENERGIES
Celia-----HART-----CEA INVESTISSEMENT
Sébastien-----HASELINT-----UNIGRAINS
Jean-Marc-----HOEN-----BASF INDUSTRIAL WATER MANAGEMENT
Sabine-----HOUOT-----INRA
Antoine-----HUBERT-----YNSECT

Abdelghani	IDRISSI TAGHKI	UTC
Bruno	JARRY	ACADEMIE DES TECHNOLOGIES
Sébastien	JUBEAU	LABORATOIRE GEPEA
Jean-Louis	KINDLER	ENNESYS
Armand	KLEM	NORSKE SKOG GOLBEY
Bernard	KUDLA	ECO-SOLUTION
Danielle	LANDO	ADEBIOTECH
Dorothee	LAPERCHE	EDITIONS COGITERRA
Fabrice	LECOMTE	URBASER ENVIRONNEMENT
Claude	LEGRIS	MEDDTL
Anne-Sophie	LEPEUPLE	VEOLIA
Hugo	LEROUX	INDUSTRIE & TECHNOLOGIES
FLORENCE	LUTIN	EURODIA INDUSTRIE SA
géraldine	MAGNAN	BIOTECH INFO
Marie-Pierre	MAITRE	CABINET HUGLO-LEPAGE & ASSOCIÉS CONSEIL
Nathalie	MANTRAND	AVENIUM CONSULTING
Daniel-Eric	MARCHAND	UNIGRAINS
Guy	MARLAIR	INERIS
Eric	MARTY	EMERTEC GESTION
Laurent	MAZEAS	IRSTEА, UNITÉ HYDROSYSTÈMES ET BIOPROCÉDÉS
Jean-Pierre	MERCIER	DANISCO/DUPONT
Paul	MICHALET	FERMENTALG
Betty	MIKLASEWICZ	ALGAESTREAM
Patrice	MOREL	CBB DÉVELOPPEMENT
Jean-Marc	NONY	SPHERE
France	NORMAND-PLESSIER	ADEBIOTECH
Régis	NOUAILLE	AFYREN BIOENERGIES
Dinhill	ON	FORMULE VERTE
Ghania	OUAHRANI	UNIVERSITÉ DE CONSTANTINE
Jean-Luc	PELLETIER	USIPA
Jérémy	PESSIOT	BIOBASIC ENVIRONNEMENT
Liz	PONS	ANR
Antoine	PRESTAT	GENOPOLE
Béatrice	RABOT	KELLY SCIENTIFIQUE
Alexis	RANNOU	SOLIANCE
Guillaume	RICOCHON	LIBIO
Georges	SANTINI	ESCOM
Léa	SASPORTES	INRA TRANSFERT
Jean-François	SASSI	CEVA - CENTRE D'ETUDE ET DE VALORISATION DES ALGUES
Lee	SMITH	BIOTECH INFOS
Jean-Philippe	STEYER	INRA
Hassan	TAZINE	UPM FRANCE SAS, ETABLISSEMENT CHAPELLE DARBLAY
Daniel	THOMAS	UNIVERSITÉ DE TECHNOLOGIE DE COMPIÈGNE
Clarisse	TOITOT	UTC
Patricia	TOURNE	OSEO
Margaret	VARKADOS-LEMARECHAL	ADEBIOTECH
Yoann	VERGER	UNIVERSITÉ DE TECHNOLOGIE DE TROYES
Jean-Marie	VIDAL	NEOBIOL GROUPE AKIOLIS
Christian	VINCENT	CEA
Xavier	WITZ	THERMO FISHER SCIENTIFIC
Hassiba	ZEMMOURI	CENTRE DE DÉVELOPPEMENT DES ÉNERGIES RENOUVELABLES