



Colloque Adebitech / ARD / IAR / VEOLIA

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

Le 27 mars 2012

Biocitech, PARIS – ROMAINVILLE

COMPTE RENDU DU COLLOQUE

ADEBIOTECH a organisé en partenariat avec le groupe Agro-industrie Recherches et Développements (ARD), le pôle de compétitivité Industrie Agro-Ressources (IAR), le groupe VEOLIA environnement, un colloque sur la **Bioraffinerie des sous-produits de l'industrie et de l'environnement**, qui s'est tenu à Biocitech, Paris-Romainville, le 27 Mars 2012.

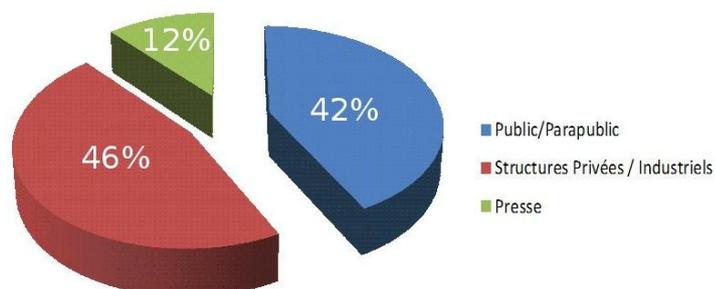
Fermentalg, entreprise exploitant les micro-algues, a contribué à la réussite à cette événement par son soutien ainsi que Biocitech.

Le parrainage du ministère de l'écologie, du développe durable, des transports et du logement (MEDDTL) a montré l'intérêt et l'importance du sujet.

Plusieurs institutions académiques, organismes et entreprises ont apporté leurs contributions à cette manifestation, dont l'objectif est d'esquisser une approche générale de la bioraffinerie pour recycler les sous-produits et les déchets et mettre en évidence les perspectives et actions à mener.

Le colloque a débuté par une conférence introductive de **Daniel Thomas**, président du colloque.

Des experts universitaires et industriels du champ d'applications des bioraffineries et de la valorisation des biotechnologies ont présenté leurs travaux en présence d'un public nombreux et interdisciplinaire. Ce colloque a rassemblé des scientifiques des secteurs privé/public dans un bon équilibre (schéma ci-dessous) ainsi que la présence d'experts de la réglementation et de l'économie circulaire permettant des discussions fructueuses. De nombreux journalistes étaient présents témoignant de l'intérêt du sujet et de son actualité.



La rencontre du 27 mars 2012 se proposait de poser les jalons d'une réflexion de fond sur les principales questions soulevées par le développement des bioraffineries d'avenir. Dans ce sens, après les différentes interventions des spécialistes scientifiques, économiques et réglementaires portant sur la présentation du concept de Bioraffinerie végétale (I) et la présentation d'exemples de réalisations et d'innovations relatives à des co-produits/sous-produits (II), la problématique et les enjeux de la filière des sous-produits industriels et de l'évolution de la réglementation pour ces filières auront été les sujets de discussions au sein de deux Tables Rondes portant, l'une sur l'analyse de la bioéconomie et filières industrielles (III) et l'autre sur l'évolution de la réglementation pour de nouvelles opportunités de filières (IV). Une discussion générale a retracé de manière synthétique et critique les différents aspects juridiques, économiques et sociaux qui sont à l'avis de l'ensemble des intervenants, les points limitant le développement économique vers la conception de bioraffineries des sous-produits (V), avant la clôture du colloque par le discours final de **Daniel THOMAS** et de **Alain GRIOT**, sous-directeur de l'innovation au Ministère (MEDDTL) (V).

I Concept de Bioraffinerie végétale.

Daniel THOMAS (Professeur à l'Université de Technologie de Compiègne et vice-président du pôle IAR) a rappelé au cours de son intervention, le concept de la bioraffinerie végétale mais aussi des challenges économiques auxquelles doit répondre les bioraffineries d'avenir. Le développement du concept de bioraffinerie a un **impact structurant** et entraîne un changement de paradigme, « remplacement des ressources fossiles par la biomasse renouvelable », à l'image du changement de l'industrie du charbon vers le pétrole, avec pour horizon 2030-2040, la réalisation concrète de ces visions stratégiques des bioraffineries (production d'agromatériaux, biocarburants). Il a évoqué que le but est de faire disparaître de manière stratégique les déchets et de les recycler à l'image du métabolisme cellulaire. En effet, **flexibilité des bioraffineries envers les matières premières agricoles aussi bien à l'entrée qu'à la sortie**, permettent ainsi une utilisation différente de la biomasse au cours de l'année. Il parle alors de « **métabolisme industriel** », c'est-à-dire, d'une manière logique, « **valorisation** » de la plante entière et « **adaptation** » de nouveaux procédés respectant tous les constituants de la plante en vue de toucher de nouveaux marchés et ainsi respecter la planète. Il a souligné les avantages des bioraffineries végétales, visant notamment à la valorisation et la transformation des sous-produits afin de faire disparaître les déchets au sein d'une **machinerie** qui sera **circulaire**.

En conclusion, **Daniel THOMAS** a souligné que les bioraffineries seront à maturité dès lors que les acteurs de ce métabolisme industriel arriveront à faire disparaître les déchets et les sous-produits. Il a également évoqué qu'une feuille de route a été instaurée et approuvée par la Communauté Européenne et que le pôle IAR est un exemple concret à suivre pour l'Europe de demain.

Jean-Marie CHAUVET, responsable de la plate-forme d'innovation Bio-raffinerie Recherche et Innovation (BRI) au sein d'Agro-industrie Recherches et Développement (ARD), a présenté l'exemple de la bioraffinerie de Pomacle-Bazancourt. Il a souligné que cette bioraffinerie était l'un des exemples les plus aboutis de bioraffinerie végétale à l'échelle de l'Europe. Il a énoncé la notion de « bioéconomie » qui fait référence à la production et à la conversion de la biomasse sur des bases durables en produits finaux divers. Selon **M. CHAUVET**, la bioéconomie permettrait d'apporter des réponses aux défis majeurs auxquels nous devons faire face, c'est-à-dire, trouver des alternatives aux

ressources fossiles, pallier une croissance démographique importante et trouver un compromis entre terres agricoles destinées à l'alimentation humaine ainsi qu'aux énergies et nouveaux marchés industriels.

A travers cet exemple de Pomacle-Bazancourt, il a démontré, comment au sein d'un complexe industriel, nous pouvons aboutir à une véritable **synergie** permettant de faire de réelles économies en eau et en énergie.

Léonard BONIFACE, chef de projet au sein de la direction des Investissements d'Avenir de l'ADEME, a rappelé différentes définitions des produits, coproduits, sous-produits et déchets industriels et a cité certains exemples de bioraffinerie (bioraffinerie des huiles, bioraffinerie des lignocellulose...). Il a souligné l'importance de la biomasse, la définissant comme **seule alternative** au pétrole en vue de produire des molécules chimiques et également rappelé les priorités d'usage des sous-produits avec en premier le secteur alimentaire, la production chimique, matériaux, carburants et enfin en énergie. Toutefois, restant prudent, il a souligné les points limitant le développement futur des bioraffineries à grande échelle. Il a évoqué entre autre, la priorité d'usage et la raréfaction des surfaces de culture (due à la baisse des surfaces agricoles) qui peut limiter la disponibilité des sous produits pour les bioraffineries, mais aussi les priorités politiques et les barrières économiques et sociales qui peuvent également limiter le développement de la bioraffinerie.

Pour conclure son intervention, **Léonard BONIFACE** a présenté les feuilles de route de l'ADEME, rassemblant les principales réalisations d'avenir effectuées intégrant les matières premières agricoles selon une stratégie bioéconomique, environnementale et sociétale.

Suren ERKMAN, Professeur à l'Université de Lausanne et Co-fondateur, Président et Administrateur de l'entreprise de conseil SOFIES (Solutions for Industrial Ecosystems SA), Genève, a procédé à une description de l'avenir et l'évolution des systèmes industriels dans un contexte écologique. Dans un contexte actuel où le développement durable tient une place prépondérante de notre société, il a défini la notion « d'écologie industrielle » comme une science et une pratique de la durabilité et a défini quels en sont les besoins.

Dans un premier temps, il convient de définir un **cadre conceptuel** général et vigoureux à l'image de **l'écologie scientifique** c'est-à-dire décrire et comprendre l'évolution des systèmes vivants sur terre. Dans un second temps, de faire évoluer le système économique actuel par le biais d'une **stratégie opérationnelle** et enfin mettre en place une **stratégie collective** et coopérative impliquant une concertation à une **échelle systémique**.

Il a également évoqué les contraintes d'un système industriel grandissant et perturbant la biosphère. En effet, l'usage optimal des ressources (valorisation des produits et sous-produits) ne doit s'établir que dans le cadre d'une écologie scientifique, c'est-à-dire compatible avec la biosphère. **Suren ERKMAN** a illustré son propos par un exemple fort, le cas de l'utilisation de déchets animaux pour fabriquer des farines animales pour nourrir les animaux. « Il faut valoriser les déchets, oui, mais il faut que cette valorisation soit compatible avec la biosphère ».

Il a ensuite présenté le positionnement du concept de l'écologie industrielle à l'instar d'autres modèles tels que le **biomimétisme**, que **l'économie circulaire** ou encore que le C2C « **Cradle to Cradle** ».

Ensuite, il a souligné qu'il faut prendre en compte les impacts écologiques pour une meilleure réussite des bioraffineries. En effet, il a mis l'accent sur l'importance d'étudier l'impact potentiel des produits sur l'environnement et de comprendre le fonctionnement des systèmes industriels dans une logique d'*input* et d'*output*, afin d'évaluer au mieux

l'impact écologique. **Suren ERKMAN** a également insisté sur l'importance de prendre en compte les limites des ressources donc des déchets par le biais d'une **stratégie de maturation** écosystèmes industriels. Il a en effet mis l'accent sur l'impact hydrique, l'empreinte d'azote et de phosphore qui peuvent dans le futur être de vrais obstacles au développement des bioraffineries.

Enfin, il a présenté, quelques exemples de biocénoses industrielles (qui peuvent remplacer, à son avis, le concept de bioraffinerie) développées dans le monde qui ont permis de faire de véritables avancées écologiques notamment dans les économies d'eau et la réduction de la pollution.

En résumé, **M. ERKMAN** a souligné qu'un **système circulaire n'est pas forcément durable**, tout dépend des quantités de ressources utilisées, **des réglementations et des outils juridiques** que les autorités mettront **en place** pour faciliter la mise en œuvre des systèmes symbiotiques entre industriels.

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

Après avoir défini les enjeux et la mise en évidence des solutions envisageables pour l'avenir qu'offrent les bioraffineries, des exemples concrets de valorisation des co/sous-produits ont été exposés.

En effet, plusieurs approches de valorisation des déchets ont été mises en évidence.

Dans un premier temps, **Sabine HOUOT**, Directrice de Recherche INRA au sein de l'UMR Environnement et Grandes Cultures à Grignon, a présenté un exemple de valorisation agronomique, plus précisément, les traitements biologiques pour transformer des déchets organiques en matières fertilisantes valorisables en agriculture. Après un bref rappel des traitements biologiques possibles et l'importance de la matière organique dans les sols, elle a présenté la situation critique actuelle de nos terres françaises. Certaines très atteintes par ce déficit en matières organiques ont été les sites pilotes d'un projet visant à observer et analyser l'effet du recyclage de produits résiduels organiques, le projet QualiAgro.

Ces traitements en matières organiques ont démontré leur efficacité mais posent cependant des contraintes énoncées par **Sabine HOUOT**, telles que l'impact des impuretés (plastiques, verres), des pathogènes et l'innocuité des teneurs en métaux des amendements fournis par les déchets organiques ; éléments néfastes dont les concentrations réglementaires doivent être établies par les autorités compétentes.

Ensuite, un exemple de valorisation « matière » des sous-produits de l'assainissement par la production de bioplastiques a été présenté par **Maria ALBUQUERQUE**, chercheur chez Veolia Environnement Recherche et Innovation.

Elle a exposé la possibilité de produire des molécules issues du concept de bioraffinerie : des bioplastiques de type polyhydroxyalkanoates (PHA) à partir de boues primaires. Elle a exposé les différentes optimisations des étapes essentielles pour le développement d'une conduite soutenable, viable économiquement et pouvant apporter un avantage à la gestion des traitements des eaux usées. Dans cet exposé, **Maria ALBUQUERQUE** a démontré la notion essentielle de flexibilité des entrants et sortants, ou plus précisément, adapter la matière première et les procédés de valorisation pour de nouveaux marchés.

Jean-Philippe STEYER, a quant à lui présenté un exemple de valorisation énergétique des sous-produits. Il a principalement présenté deux approches de production de bioénergie à partir de déchets. Dans un premier temps, il a énoncé et expliqué comment la méthanisation pouvait être source d'énergie intéressante pour l'avenir. Il a souligné

que la production de méthane par digestion anaérobie, voie de production de bioénergie relativement ancienne, a été maîtrisée industriellement pour réaliser la dépollution carbonée des effluents.

Dans un second temps, il a présenté une voie plus innovante reposant sur la production d'hydrogène par des écosystèmes microbiens, à travers des exemples concrets de la production et valorisation de l'hydrogène en Europe et dans le Monde. Il a conclu son exposé par le cas de la France, où à l'heure actuelle des bureaux d'études et centres de recherches tentent de développer la méthanisation en tant que source de bioénergie, dans le but de remplacer la station d'épuration par un méthaniseur.

Jean-Pascal BERGE, responsable de la thématique « Valorisation des co-produits » à l'IFREMER de Nantes, a conclu cette session de présentation d'exemples de valorisation de co/sous-produits par un exposé présentant un panorama de différentes stratégies de gestion et de traitement des sous-produits de la mer. Après avoir présenté les différences entre les sous-produits et coproduits issus de la pêche, il a énoncé les différentes contraintes réglementaires de stockage, de devenir, les contraintes technico-économiques et les contraintes humaines, c'est-à-dire, faire accepter ces co-produits sous forme de produit noble.

Dans un contexte où les déchets marins représentent 96% des Pet food, **M. BERGE** a attiré notre attention sur de nouvelles stratégies de traitements de déchets marins. Ces stratégies de bioraffineries envisagées sont : la transformation par compostage permettant la production de farine /huile ; les autolysats/hétérolysats et enfin l'ensilage. Enfin, il a souligné qu'à l'heure où la majorité des coproduits est valorisée dans l'alimentation animale, hydrolysats ou fertilisants à faible valeur ajoutée, un nouvel enjeu vient d'émerger grâce au concept de bioraffinerie, ou plutôt un nouveau marché, l'alimentation humaine.

La deuxième partie de cette manifestation a été marquée une présentation des posters et par deux Tables Rondes faisant intervenir et réagir les acteurs de champs d'applications des bioraffineries.

Au total, 17 posters ont été présentés, explicitant des cas concrets de bioraffineries et de valorisation des déchets, illustrant la notion de flexibilité des matières premières agricoles et des différents nouveaux marchés.

Les deux Tables Rondes ont été précédées d'une intervention de **Marie-Pierre MAITRE**, Avocate Associée et Gérante du Cabinet Huglo-Lepage & Associés, sur le cadre réglementaire de la bioraffinerie des sous-produits de l'industrie et de l'environnement.

Dans un premier temps, elle a abordé la notion de bioéconomie, définie lors d'une communication de la Commission européenne 13 février 2012 comme une stratégie d'innovation au service d'une croissance durable, dans le but de faire face à l'épuisement des ressources fossiles, elle a énoncé les objectifs de cette stratégie : parvenir à une économie plus innovante et à faibles émissions ; concilier les impératifs d'une agriculture durable ; utiliser durablement les ressources biologiques renouvelables à des fins industrielles tout en assurant la protection de l'environnement et de la biodiversité. Elle a aussi ajouté que les notions de bioéconomie et bioraffinerie n'avaient pas de réalité juridique.

Ensuite, **Marie-Pierre MAITRE** a attiré notre attention sur le fait que même si le concept de bioraffinerie n'est pas défini juridiquement, l'ADEME le définit comme un ensemble industriel, localisé sur un même site, qui **traite et raffine des produits issus de la biomasse**, en analogie avec les raffineries pétrolières qui traitent et raffinent des

produits pétroliers. Or, la biomasse est définie dans la directive 2003/30/CE du 8 mai 2003 comme « *la fraction biodégradable des produits, déchets et résidus provenant de l'agriculture* ».

Dans ce cadre, elle nous interpelle sur la réglementation actuelle, constituant un **frein** ou au contraire un **atout** pour le développement des bioraffineries et ce à travers l'analyse de deux réglementations : **La réglementation déchet et le règlement produit : REACH.**

Elle a souligné que la notion et la distinction de déchet et de sous-produits a évolué au gré de l'espace, du temps, des situations et des personnes concernées au cours des années et de nombreuses directives, notamment dans la Directive Cadre Déchets, dans le code de l'environnement et lors de la Commission du 21 février 2007. Elle a évoqué que **la position de la Commission européenne vise à considérer le déchet comme une ressource** et que la loi Grenelle vise à développer une politique favorable à la valorisation tout en réduisant la quantité de déchets stockés et en limitant l'utilisation de la ressource.

Dans le cadre de la réglementation REACH, elle a rappelé les conditions d'application de cette réglementation. **Marie-Pierre MAITRE** a évoqué que REACH fait porter à l'industrie la responsabilité d'évaluer et de gérer les risques posés par les produits chimiques et de fournir des informations de sécurité adéquates à leurs utilisateurs. Elle a souligné qu'en parallèle, l'Union européenne peut prendre des mesures supplémentaires concernant des substances extrêmement dangereuses, quand une action complémentaire au niveau européen se révèle nécessaire. Des obligations qui dénoncent la réglementation REACH comme **une contrainte**. Cependant, elle a toutefois noté que ce **renforcement** du principe de substitution est favorable et le but de REACH est de substituer progressivement les **substances les plus préoccupantes**.

III Bioéconomie et filières industrielles

La Table Ronde a été animée par **Bruno JARRY**, Membre de l'Académie des Technologies en charge des questions liées aux biocarburants et à la chimie verte.

Armand KLEM, chargé de mission à Norske skog, a présenté, l'aspect recyclage et valorisation des sous-produits au niveau de son entreprise. Il a souligné l'importance de la valorisation de la matière et des économies effectuées par la récupération de la vapeur pour le traitement thermomécanique de la papeterie.

Paolo FERNANDES, Directeur de Département Biosystèmes & Biotechnologies au sein de Veolia Environnement Recherche & Innovation, a exposé un exemple de développement d'un système de symbiose industriel dans les villes, en l'occurrence une station d'épuration des eaux usées. Il a évoqué par la suite tous les points positifs de ce système notamment, la protection des écosystèmes par l'utilisation de coagulants naturels et le recyclage d'azote et de phosphore. Il a également évoqué la possibilité d'être en excès d'énergie sur ce genre de site.

Jean-Philippe STEYER, a présenté le programme GreenStars et a évoqué la nécessité de construire un maillon manquant entre recherche académique et industrialisation. Ainsi, ce projet met en jeu des programmes de recherche sur toute la chaîne de valeurs visant à étudier les entrées (les matières premières micro-algues) et les sorties (marchés cibles multiples) avec une mobilisation ambitieuse de moyens permettant a long terme de devenir un modèle économique innovant avec la création de nouvelles entreprises et le dépôt de plusieurs brevets.

Rémi BARBIER, a énoncé des risques de pénurie de la biomasse mais aussi des transformations industrielles entraînant des nuisances et des risques pour la société. Il serait nécessaire de réduire et de réguler ses nuisances pour le bien de tous. Pour cela, il a souligné qu'une coopération est primordiale entre les industries, les agriculteurs et la société.

IV Evolutions de la réglementation pour de nouvelles opportunités de filières

La Table Ronde a été modérée par Marie-Pierre MAITRE. Les acteurs de cette Table Ronde ont débattu sur la réglementation REACH et les contraintes qu'elle impose au sein de leurs entreprises.

Alexis RANNOU, directeur industriel de Soliance à Pomacle-Bazancourt, a souligné la nécessité de faire un tri de ces nouvelles molécules utilisées au préalable dans le cas de la création de nouveaux produits, entraînant un coût non négligeable pour l'entreprise. Aussi, si la réglementation n'est pas appliquée, un risque « no data, no market » existe.

Paolo FERNANDES a mis en avant qu'il existait un danger dans l'utilisation de ces nouvelles molécules. Il a illustré son propos par l'exemple de l'utilisation des biogaz issus de la méthanisation et dont les données sur l'impact et le cycle de vie ne sont pas assez étoffées.

Léonard BONIFACE a rebondi sur ces propos et a précisé que toutes les molécules issues des agroressources végétales se révélaient être de bons candidats pour la substitution aux molécules issues des ressources fossiles et avaient un cycle de vie intéressant et relativement bien identifié. En effet, ces molécules agroressourcées sont le plus souvent moins écotoxiques.

Daniel Thomas a illustré son propos par l'exemple de l'acide succinique, de qualité supérieure lorsqu'il est obtenu par voie biotechnologique que par voie chimique.

Il a évoqué au nom de **Gérard ANTONINI**, absent excusé de ce colloque, le cas de l'impact positif de ces directives, notamment, la directive sur les effluents industriels d'octobre 2010 qui régit l'incinération. De plus, une nouvelle directive en 2014, date de transposition en droit national, 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. Toutefois **Alexis RANNOU** a également souligné que ces réglementations pouvaient poser certaines contraintes, par exemple, au niveau économique de l'entreprise. Aussi, il a évoqué le problème de la concurrence régie par des directives européennes. En effet, il existe, certes des directives communautaires pour éviter les concurrences en Europe mais il n'existe pas de subventions pour l'implantation de ces bioraffineries en dehors de l'Europe et a donc qualifié l'Europe comme « non accueillante » pour les agroressources.

Pour conclure, La Table Ronde a émis quelques **propositions** pour que la stratégie de bioraffinerie des sous-produits ne soit pas une utopie. Ces propositions sont d'augmenter le nombre d'inspecteurs raccourcissant ainsi les délais d'instruction (actuellement 2 ans), d'éviter le changement des réglementations et normes engendrant un coût important. Enfin, il a été proposé que les pouvoirs publics soutiennent les industries pour leur permettre d'être plus compétitives.

V Conclusion de cette journée :

Daniel THOMAS a conclu cette journée en remerciant la qualité des interventions et les informations percutantes énoncées lors de ce colloque. Il a rappelé que la bioraffinerie des co/sous-produits impliquait une réglementation, une gestion, une utilisation, une valorisation et une écologie industrielle particulières. Il a souligné que la bioraffinerie n'est pas qu'une installation mais qu'elle a un caractère structurant avec des prises de contact sociétal et environnemental. En effet, il a rappelé qu'il est nécessaire d'obtenir une relation harmonieuse avec les agriculteurs en leur laissant leur identité et trouver un juste milieu entre la gestion des agroressources à destination alimentaire et non alimentaire.

Il a évoqué le problème du statut du déchet, passage d'un déchet en produit suivant la réglementation REACH, mais a toutefois souligné que cette réglementation était une opportunité et non une contrainte. En effet, la demande sociétale d'obtenir des produits moins toxiques est telle que REACH est en faveur des produits agroressourcés.

Pour conclure, **Daniel THOMAS** a défini la bioraffinerie comme une installation proche de la ruralité mais aussi comme une **stratégie** en interaction avec la société, les industries et le monde agricole cherchant, ensemble, une meilleure compréhension et un itinéraire nouveau.

Cette journée de conférences ayant pour thème la bioraffinerie des sous-produits de l'industrie et de l'environnement s'acheva par une allocution d'**Alain GRIOT** dont le résumé est disponible via le lien suivant : http://adebiotech.org/images/stories/docs/Alain-Griot_conclusions.pdf. Il a salué l'implication et les actions menées par le pôle IAR ainsi que l'association ADEBIOTECH pour avoir tenu ce colloque.

Enfin, **Danielle LANDO** a exprimé sa gratitude envers les participants de ce colloque, ainsi que la qualité des interventions et l'implication des acteurs de champs d'applications des bioraffineries et de la valorisation des biotechnologies.

Clarisse TOITOT- UTC, UMR 6022 Génie enzymatique et cellulaire
Abdelghani IDRISSE- UTC, UMR 6022 Génie enzymatique et cellulaire
Margaret VARKADOS-LEMARECHAL- ADEBIOTECH