

L'engagement dans la biomasse vu par Total

Francis Luck

Résumé	Afin d'anticiper la croissance des besoins énergétiques mondiaux tout en préservant l'environnement, Total développe de nouvelles sources d'énergies moins émettrices de CO ₂ , qui viendront compléter à terme son offre en hydrocarbures. La biomasse s'intègre à la stratégie du Groupe et à son engagement en faveur du développement durable. Elle est aujourd'hui la seule énergie renouvelable permettant de produire des carburants liquides pour le transport (biodiesel, biokérosène) et des produits chimiques (solvants, polymères ou lubrifiants). Lorsque les procédés industriels de valorisation seront matures, elle permettra de compléter l'offre en hydrocarbures.
Mots-clés	Énergies, biomasse, conversion des sucres, lignocellulose, microalgues, biocarburants, acide polylactique.
Abstract	The commitment in the biomass seen by Total To anticipate the growth of global energy needs while preserving the environment, Total is developing new energy sources that emit less CO ₂ , which will complement the oil and gas supply in the near future. Biomass is integrated in its strategy, as well as in its commitment to the sustainable development. Today it is the only renewable energy allowing producing liquid transportation fuels (biodiesel, biokerosene) and chemicals (solvents, lubricants or polymers). When the industrial upgrading processes will be mature, biomass will complement the supply of hydrocarbons.
Keywords	Energies, biomass, sugar conversion, lignocellulose, microalgae, biofuels, polylactic acid.

Préparer l'avenir

La hausse de la demande mondiale en énergie va se poursuivre dans les années à venir. Les énergies fossiles devraient représenter encore 75 % de l'énergie produite, mais elles ne suffiront pas à satisfaire tous les besoins énergétiques. Les énergies renouvelables, telles que la biomasse, apparaissent aujourd'hui comme des solutions porteuses d'avenir, permettant de continuer à fournir l'énergie nécessaire aux besoins croissants de nos sociétés tout en participant à la lutte contre le changement climatique.

Pendant des millénaires, la biomasse a été utilisée essentiellement pour se chauffer et cuire des aliments. C'est la source d'énergie la plus ancienne de l'histoire de l'humanité. Les pays développés ont commencé à s'y intéresser pour d'autres usages, comme pour alimenter des véhicules, après les deux crises pétrolières des années 1970-80 (notons l'utilisation de la biomasse à des périodes particulières comme la Seconde Guerre mondiale pendant laquelle des véhicules équipés d'un gazogène ont été utilisés). Ces événements leur ont fait prendre conscience de leur forte dépendance vis-à-vis du pétrole et des risques pesant sur leur sécurité d'approvisionnement.

Face à la croissance constante de la demande énergétique et à la place grandissante qu'occupe l'environnement dans nos sociétés, de nombreux pays promeuvent cette énergie renouvelable car elle contribue à l'indépendance énergétique des pays et à la sécurité de leurs approvisionnements et participe au développement économique local.

Aujourd'hui, la biomasse est la deuxième énergie renouvelable dans le monde, permettant de satisfaire 10 % de la

demande énergétique mondiale [1]. Elle a de multiples avantages qui font d'elle une énergie incontournable :

- *abondante*, car issue de l'ensemble des matières organiques (plantes, micro-organismes, coproduits agricoles, résidus forestiers, industriels ou ménagers, etc.) ;
- *renouvelable* dans le cadre d'un système de gestion durable ;
- *polyvalente* : elle sert à la fois au chauffage domestique, à la production d'électricité/de chaleur, de biocarburants, ainsi que de bioproduits (plastiques, polymères, lubrifiants...) ;
- *environnementale*, avec un bilan carbone intéressant ;
- *bien répartie* dans le monde.

La stratégie de Total dans la biomasse

La biomasse est l'un des principaux axes de développement du Groupe dans le domaine des énergies nouvelles. Total souhaite développer les procédés de transformation de la biomasse les plus durables sur les plans économique, environnemental et sociétal, et commercialiser les produits finaux pour ses deux principaux marchés : les carburants et les produits de la chimie. Pour cela, le Groupe explore les trois principales voies de transformation de la biomasse – biochimique, thermochimique et photosynthétique – à travers divers programmes de recherche et partenariats avec d'autres industriels, et il a décidé d'orienter ses recherches sur trois axes très prometteurs : la transformation par réaction chimique des sucres en carburants et en molécules de base pour la chimie ; la déconstruction de la lignocellulose, correspondant aux parties non alimentaires des plantes

(tiges, feuilles, etc.) ; et l'ingénierie génétique et la production des microalgues.

Les développements dans la voie biochimique

Total s'est engagé dans plusieurs axes de recherche de la voie biochimique, qui consiste à se servir de micro-organismes (levures ou bactéries) pour transformer la biomasse en diverses molécules utilisables pour les carburants et la chimie. Objectif : créer et optimiser ces micro-organismes par modification génétique.

Le Groupe explore la voie biochimique à travers des prises de participation dans des entreprises spécialisées dans les biotechnologies – Amyris (prise de participation couplée à un programme de R & D), Gevo et Novogy – et la création de joint-ventures avec des start-up comme Galactic. Il intervient également dans des programmes de R & D sur le mode « open-innovation » (co-crédation) en partenariat avec des instituts renommés, comme le Joint BioEnergy Institute (États-Unis), et finance certains projets de R & D, dont le projet Futurol.

Le projet Futurol, un bioéthanol de deuxième génération

Le projet Futurol est un programme européen, basé sur une filière complète, qui rassemble des partenaires d'horizons différents. Total y participe depuis 2008 avec dix autres organismes. L'objectif est de produire et de commercialiser demain un éthanol élaboré à partir de végétaux non alimentaires (résidus agricoles ou forestiers) selon un système de gestion des ressources qui soit durable (en respectant les saisons), à un prix compétitif et qui puisse être distribué partout dans le monde.

Total apporte dans ce projet son expérience d'industriel, notamment en matière d'incorporation de biocomposants dans les carburants actuels. La production de bioéthanol a démarré en 2011 dans une usine pilote située dans l'est de la France (Pomacle-Bazancourt, près de Reims [2]), ayant une capacité de production annuelle de 180 000 litres de biocarburant (voir *figure 1*).

La production devrait atteindre 3,5 millions de litres de bioéthanol d'ici 2015, et 180 millions un an plus tard, en même temps que la commercialisation sous licence du



Figure 1 - Fermenteurs du site de production de Pomacle-Bazancourt.

procédé et de ses produits. L'investissement total est de 76,4 millions d'euros sur huit ans.

Le projet Futurol vise à mettre en place un procédé environnementalement et économiquement performant dans une logique de développement durable. Le challenge économique consiste à rendre la cellulose accessible à l'action des enzymes, pour la transformer en sucres simples.

Les avancées scientifiques et technologiques d'une part, et la compétition internationale d'autre part, rendent indispensable le passage à un stade plus avancé de développement. En effet, les résultats obtenus au laboratoire permettent aujourd'hui d'envisager un changement d'échelle du procédé.

Le projet Futurol a pour vocation de développer une filière adaptable. Elle doit pouvoir être localisée presque partout dans le monde, alterner les matières premières utilisées selon les saisons et être mise en œuvre dans les usines de première génération. Enfin, le choix d'un procédé biologique permettra l'adaptabilité à différentes matières premières, grâce aussi à l'élaboration de nouvelles enzymes. Le projet utilise dans des conditions optimales une grande variété de matières premières n'entrant pas en concurrence avec d'autres utilisations alimentaires ou industrielles existantes, afin d'obtenir les meilleures performances environnementales.

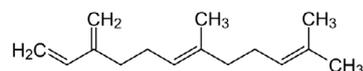
Parmi celles-ci, sont utilisés des plantes lignocellulosiques d'intérêt (sorgho, luzerne, miscanthus), des bois et des résidus forestiers (plaquettes, rémanents, taillis à courte rotation...), des coproduits de cultures agricoles et d'agro-industrie (paille de céréale, pulpe de betterave...), et des résidus verts urbains.

Ces matières premières présentent également des avantages agronomiques et environnementaux de premier ordre : limitation des consommations d'eau, d'engrais et de produits phytosanitaires, intégration dans l'exploitation agricole, et l'assolement par exemple. L'un des livrables du projet est de quantifier et fiabiliser les matières premières mobilisables.

Partenariats avec Amyris, Gevo et Novogy

Amyris et le farnésène, la molécule « star »

Total est associé depuis 2010 à la société américaine Amyris spécialisée dans les biotechnologies, afin de développer et de commercialiser du biodiesel, du biokérosène et des produits de chimie de spécialité. Amyris a mis au point une plateforme de biologie synthétique particulièrement innovante, basée sur la molécule de farnésène (7,11-diméthyl-3-méthylène-1,6,10-dodécatriène), issue de la fermentation du sucre :



Ce partenariat associe d'un côté le savoir-faire technologique de l'un des leaders mondiaux de l'industrie du pétrole et du gaz – ainsi que son outil industriel et ses capacités d'accès aux marchés –, et de l'autre, la plateforme de biologie synthétique et les premières unités de production d'une jeune société californienne. Il comprend deux volets : une prise de participation dans le capital d'Amyris, et un accord de collaboration portant sur un programme de R & D avec la création d'une équipe commune afin de développer des molécules d'intérêt pour le biodiesel et le biojet.

Les deux partenaires ont également annoncé leur décision de créer un joint-venture (50/50) détenant les droits exclusifs de production et de commercialisation des biodiesels et des biojets fuels dans le monde entier. Cette structure

commune pourra également commercialiser de manière non exclusive d'autres produits d'origine renouvelable tels que des solvants, des polymères et des biolubrifiants.

Créée en 2003, disposant d'une plateforme de biologie synthétique de pointe, Amyris possède des laboratoires de recherche et une unité pilote à Emeryville (Californie). Parallèlement au développement de ses propres capacités de production, Amyris a signé des accords avec plusieurs sociétés industrielles, notamment avec Tate & Lyle dans l'Illinois, afin d'utiliser et adapter des installations existantes à la production de farnésène. Au travers de sa filiale Amyris Brasil Ltda, située à Campinas (São Paulo), elle est implantée au Brésil, où elle dispose d'une usine pilote et d'un site de démonstration. Amyris Brasil est en charge de commercialiser ses produits sur le marché brésilien et d'industrialiser la technologie d'Amyris. Ainsi, en partenariat avec un producteur local de sucre et d'éthanol, Paraíso Bioenergia, qui fournira le jus de canne à sucre nécessaire à la production de Biofene™, Amyris a construit une première unité industrielle, mise en service en mars 2013. Située à Paraíso, dans l'État de São Paulo, elle devrait produire 20 000 m³ de farnésène à l'horizon 2017 (figure 2).



Figure 2 - Usine Amyris à Paraíso.

Se positionnant comme l'un des plus importants fournisseurs mondiaux de carburants pour l'aviation, Total cherche des solutions alternatives pouvant satisfaire la demande croissante des transporteurs aériens tout en les aidant à limiter leur empreinte carbone. L'industrie aérienne s'est fixé comme objectif de réduire de moitié ses émissions de CO₂ d'ici 2050.

Les biocarburants pour l'aviation doivent correspondre parfaitement aux carburants d'origine fossile pour pouvoir être utilisés sans modification des équipements tout en répondant aux normes de sécurité. Ils doivent également pouvoir être distribués dans le monde entier. Le biojet développé par Total et Amyris est en cours d'homologation auprès de l'ASTM, organisme américain pour les normes et spécifications. Depuis le 17 septembre 2013, Amyris a également entrepris une démarche de certification de durabilité auprès de RSB (« Roundtable on Sustainable Biomaterials ») pour son usine brésilienne de Brotas. L'enjeu est important, notamment pour les biojetfuels, la certification RSB faisant référence dans le secteur aérien.

Le 19 juin 2012, Amyris a alimenté en biojet le vol de démonstration « Azul+Verde » (« a Greener Blue » : « un ciel plus vert ») qui s'est déroulé avec succès à l'occasion de la Conférence des Nations unies sur le développement durable, Rio+20, au Brésil. Un an plus tard, le 20 juin 2013, Total, Amyris et leurs partenaires Airbus, Air France et Safran ont

procédé au premier vol en Europe d'un avion alimenté en biocarburant dérivé de sucres. Le Biojet A-1 Total/Amyris pourrait être l'une des réponses aux objectifs de réduction de gaz à effets de serre des transporteurs aériens.

Total, en tant que leader en Europe et en Afrique et l'un des premiers fournisseurs au monde de carburants pour l'aviation, participe à l'initiative française pour les Futurs Carburants Aéronautiques (FCA), qui s'inscrit dans le cadre de l'initiative européenne Flightpath 2020.

Gevo : un butanol aux multiples usages

Total évalue l'utilisation d'isobutanol dans des applications carburants et chimie avec Gevo, une jeune société américaine basée dans le Colorado et spécialisée dans les biocarburants avancés et les produits de chimie verte, dans laquelle Total détient une participation sous forme de capital-risque. Les deux partenaires cherchent à mettre au point un procédé de conversion par fermentation des glucides en isobutanol, un alcool liquide inflammable servant à de nombreuses applications : solvant, additif pour carburants, fabrication de plastiques, de fibres textiles synthétiques et de caoutchouc. L'isobutanol issu de ce nouveau procédé sera doté de propriétés identiques à celles des produits de base actuels d'origine fossile. Il pourra être utilisé par Total pour la fabrication de ses biocarburants et de ses produits de chimie. L'industrialisation de ce procédé a débuté en 2012 avec la mise en service d'une première unité de production d'isobutanol, située à Luverne (Minnesota) (figure 3) [3].



Figure 3 - Première usine Gevo de production de bio-isobutanol (Luverne, États-Unis).

Novogy (Cambridge, États-Unis)

Depuis décembre 2011, Total détient une participation dans la société Novogy, basée à Cambridge (Massachusetts), qui produit des biodiesels à partir d'acides gras issus des déchets d'usines de traitement du papier et du bois. En plus de cette participation, la Direction Énergies Nouvelles a élaboré une plateforme de modification génétique des levures servant à produire différents composés chimiques (alcanes) utilisés dans la fabrication de carburants.

Joint-venture avec Galactic sur le projet Futerro

Dans le cadre d'un joint-venture créée en septembre 2007 avec Galactic, un des leaders dans la chimie verte, Total mène un programme de R & D sur une technologie de fabrication de bioplastiques à partir d'acide lactique, destinés aux marchés de l'emballage (alimentaire), qui lui permettra à terme d'élargir sa gamme de polymères.

Cet acide lactique résulte de la fermentation de certains sucres provenant de plantes (betterave, maïs, blé et canne à sucre) sous l'action de diverses bactéries [4]. Pour le produire, deux voies sont étudiées en parallèle :

- la voie chimique par la Direction Raffinage Chimie de Total, qui réalise des tests dans l'unité de démonstration située à Escanaffles (Wallonie, Belgique), inaugurée en avril 2010 : Futerro, un joint-venture de Galactic et Total Petrochemicals (50/50) ;

- et la voie biochimique par la Direction R & D d'Énergies Nouvelles, dont l'objectif est d'adapter cette technologie à l'utilisation des parties non alimentaires des plantes.

L'unité de démonstration est destinée à développer une technologie de pointe pour la production de bioplastiques d'origine végétale renouvelable, à base d'acide polylactique (PLA), mise au point par les deux partenaires.

Avec le démarrage de cette usine, Futerro est devenu le premier producteur de ce type de bioplastiques en Europe. À la fois propre, innovante et compétitive, cette technologie comprend deux étapes principales :

- d'une part, la préparation et la purification du monomère, le lactide, à partir de l'acide lactique, obtenu par un procédé de fermentation du sucre issu notamment de la betterave ;
- d'autre part, la polymérisation du monomère afin d'obtenir les granulés de plastique d'origine végétale et biodégradables, le PLA (figure 4).



Figure 4 - Pellets d'acide polylactique produits à Escanaffles (Belgique).

D'une capacité de 1 500 tonnes par an, cette unité permet de tester et d'améliorer les étapes successives de la technologie. Futerro est désormais en mesure de fabriquer une gamme complète de produits à partir de l'acide lactique, comprenant le lactide, les oligomères et les polymères PLA. Ceux-ci sont d'une part destinés au marché de l'emballage, et plus particulièrement à celui de l'emballage alimentaire, et d'autre part proposés pour des applications durables.

Par ailleurs, en plus d'être d'origine biologique, le PLA peut aussi être recyclé intégralement en fin de vie, ce qui en fait le premier plastique biorenouvelable.

Partenariat avec le Joint BioEnergy Institute (Berkeley, États-Unis) sur la déconstruction de la lignocellulose

Total a conclu un accord de recherche en 2011 avec le Joint BioEnergy Institute/US Department of Energy (Emeryville, Californie), un haut lieu de la recherche en biologie synthétique (figure 5), dans le but d'améliorer les méthodes de conversion du sucre, de l'identification des



Figure 5 - Joint BioEnergy Institute (Emeryville, États-Unis).

molécules à la modification génétique des micro-organismes [5]. Les recherches menées par les deux partenaires sont orientées actuellement autour de deux axes : la déconstruction de la lignocellulose et la transformation des molécules en alcanes (plastiques).

Fondé en 2008 par un ingénieur-chimiste renommé, Jay Keasling, le Joint BioEnergy Institute réunit quatre laboratoires, deux instituts de recherche appartenant à l'Université de Californie et une fondation scientifique. Ce centre a déjà publié plus de 180 articles sur ce domaine, déposé 37 brevets et gère un budget d'environ 25 millions de dollars pour cinq ans.

L'ingénierie génétique et la production des microalgues

Les microalgues sont des micro-organismes aquatiques qui utilisent la lumière comme source d'énergie et le CO₂ comme source de carbone pour produire diverses molécules carbonées grâce à la photosynthèse, comme les végétaux terrestres. Cultivées dans des réacteurs fermés (photobio-réacteurs) ou en bassin ouvert, elles sont ensuite récoltées et les molécules carbonées sont transformées en carburant ou en biomolécules pour la chimie.

Total a choisi d'explorer la faisabilité de cette voie, qui pourrait représenter un fort potentiel d'innovation pour les carburants de demain et pour la chimie. En effet, par exemple et comparativement aux plantes oléagineuses utilisées actuellement pour la production des biodiesels (colza ou tournesol), leur rendement à l'hectare serait potentiellement supérieur de dix à vingt fois puisque certaines microalgues peuvent stocker jusqu'à la moitié de leur poids en huiles [6].

Cette capacité permettrait ainsi de réduire l'emprise terrestre des cultures. De plus, les microalgues pourraient produire des biocarburants à partir de CO₂ d'origine industrielle et d'eaux recyclées, participant ainsi au recyclage et à la valorisation des rejets issus de l'activité humaine. Elles nécessiteraient donc des surfaces plus faibles que l'agriculture traditionnelle, les terres cultivées pourraient être non arables, et pourraient utiliser de l'eau saline ou des eaux usées.

Contrairement à la voie conventionnelle de bioproduction de molécules d'intérêt par fermentation, qui nécessite l'utilisation de sucres provenant de la biomasse végétale, les microalgues transforment directement au sein même de leurs cellules, telles de petites usines, l'énergie solaire en molécules d'intérêt.

Malgré son fort potentiel, cette voie est encore à l'étape exploratoire et nécessite d'importants progrès

technologiques, auxquels Total souhaite contribuer, avant d'envisager d'éventuels développements industriels basés sur l'utilisation des microalgues. Total Énergies Nouvelles, avec le soutien de la direction scientifique, poursuit donc un ensemble d'actions de R & D exploratoire et de veille afin d'évaluer la faisabilité sur le long terme de cette voie prometteuse, en partenariat avec plusieurs acteurs comme l'Université de Wageningen (Hollande) dans le cadre du projet AlgaePARC.

Les travaux de recherche menés actuellement avec ces différents partenaires ont pour objectif de lever deux verrous technologiques :

- la sélection et l'optimisation des espèces de microalgues. Il s'agit de sélectionner dans la biodiversité les souches ayant le plus de potentiel industriel, puis si nécessaire de les optimiser en utilisant des outils génétiques afin d'augmenter leurs performances ;
- l'optimisation des procédés de culture et de transformation en produit final. Ces procédés existent aujourd'hui à petite échelle pour des produits à haute valeur ajoutée ; il faut donc réinventer un procédé à grande échelle compatible avec des produits à faible valeur ajoutée.

L'objectif est de combiner ces deux axes afin de réduire les coûts de production et de limiter la consommation énergétique du procédé. Les principales étapes d'un procédé microalgues sont : 1) la culture des microalgues par photosynthèse ; 2) leur récolte ; 3) l'extraction des molécules d'intérêt ; et 4) le raffinage.

Le projet AlgaePARC avec l'Université de Wageningen

Total collabore depuis 2011 au projet AlgaePARC (« Algae Production And Research Centre ») avec l'Université de Wageningen et un consortium de 18 entreprises issues de différents secteurs (énergie, chimie, agroalimentaire...) qui finance le programme de recherche. Ce projet vise à concevoir, d'ici cinq ans, un modèle de réacteur et un procédé de culture plus performants d'un point de vue technologique, économique et énergétique que les procédés traditionnels, tout en développant des connaissances pour le passage à l'industrialisation de cette technologie [7].

AlgaePARC teste depuis 2011 différents modèles de réacteurs en extérieur sur son site pilote situé aux Pays-Bas : des réacteurs tubulaires horizontaux (figure 6) et verticaux, des panneaux plats et des bassins ouverts. De nombreux critères sont évalués : l'efficacité photosynthétique, le volume de production, le bilan énergétique, l'utilisation de fertilisants, la consommation d'eau, l'étanchéité, etc. Ces informations permettront par la suite de développer un réacteur optimal de culture fermé.

Ces expérimentations dans des réacteurs de petite taille (allant de 2,4 à 24 m²) sont réalisées afin d'assurer le lien nécessaire entre l'étape laboratoire et le début d'une industrialisation, prévue d'ici quelques années.

L'évolution de la filière des microalgues

Certaines microalgues sont cultivées et commercialisées depuis une cinquantaine d'années pour des applications en alimentation humaine ou animale (aquaculture). Leur utilisation pour produire des carburants est quant à elle un sujet de recherche qui a véritablement démarré dans les années 1980-90, après la première crise pétrolière de 1970, révélant la forte dépendance énergétique des États vis-à-vis du pétrole. Des programmes de R & D ont alors été



Figure 6 - Photobioréacteur horizontal (AlgaePARC).

lancés aux États-Unis, par le Département de l'Énergie, sur le développement de biocarburants pour les transports et au Japon sur le captage et le recyclage des émissions de CO₂. Ces travaux ont permis notamment d'identifier des espèces sauvages de microalgues riches en huile et de développer des bassins ouverts de culture pour les microalgues.

Face à la nouvelle montée du prix du pétrole depuis les années 2000, ce type de biocarburants suscite de nouveau un vif engouement, notamment aux États-Unis, où de nombreuses start-up ont vu le jour. En effet, le développement important des biotechnologies durant les deux dernières décennies pourrait permettre de réduire les coûts de production aujourd'hui extrêmement élevés. En 2010, le temps de développement de cette voie est apparu plus long que certaines start-up et investisseurs en capital-risque ne l'avaient anticipé. Le Département de l'Énergie et les agences fédérales américaines ont alors investi des centaines de millions de dollars dans la filière, en complément des investisseurs en capital-risque. Une partie sert actuellement à financer la construction de pilotes : Sapphire au Nouveau Mexique et Algenol en Floride. Le Département de l'Énergie espère démontrer ainsi la faisabilité économique de cette voie pour les biocarburants en 2022.

En parallèle, la majorité des entreprises présentes dans la filière se sont orientées à plus court terme vers des applications à plus haute valeur ajoutée, comme par exemple les oméga-3 ou des produits chimiques de spécialités permettant une meilleure rentabilité de la voie.

Total poursuit actuellement un ensemble d'actions de R & D et de veille pour évaluer la faisabilité sur le long terme de cette voie prometteuse et préparer une éventuelle industrialisation d'ici plusieurs années.

Conclusion

Alors que la biomasse traditionnelle utilisée pour la cuisson et le chauffage ne nécessite que des technologies simples et matures, les technologies avancées de conversion de la biomasse, qualifiées de procédés « de deuxième génération », sont quant à elles conçues pour transformer les sucres structurels des plantes, la cellulose et les hémicelluloses, en biocarburants et biomolécules pour une vaste gamme d'applications. Elles conduisent à une réduction des gaz à effet de serre, mais doivent être développées à terme sans recours aux subventions.

La production d'éthanol de deuxième génération va devenir significative vers 2020, pour représenter 13 % de

l'éthanol-carburant, tandis que le biodiesel issu de sucres ainsi que le biodiesel de deuxième génération seront à égalité avec le diesel de première génération autour de 2026, selon les prévisions de l'Agence Internationale de l'Énergie.

Aussi bien en Europe qu'en Amérique du Nord, un nombre important de start-up explorent et développent actuellement différents types de procédés, tout en consolidant progressivement leurs compétences à la fois scientifiques et technologiques, afin d'aboutir le plus rapidement possible à une mise sur le marché de leurs produits issus de la biomasse. D'un point de vue global, relativement peu d'échecs ont été constatés dans ce domaine, alors que la plupart des start-up sont en phase de croissance constante, grâce au soutien du capital-risque et aux investissements directs provenant des acteurs industriels.

Un certain nombre d'entraves pèsent néanmoins sur leur essor, telles que le manque d'unité de vue entre les différentes régions du monde, l'instabilité des réglementations et les dispositions pénalisantes prises par l'Union européenne (taxe carbone, contribution climat). Le développement des procédés de deuxième génération de transformation de la biomasse durable permettra cependant de contribuer à la limitation des émissions globales de dioxyde de carbone.

Cet article a été rédigé dans le cadre d'un accord de partenariat entre Total, la régie publicitaire EDIF et L'Actualité Chimique.

Références

- [1] *World Energy Outlook 2011*, AIE, 2011 (www.worldenergyoutlook.org/publications/weo-2011).
- [2] Chauvet J.-M., Allais F., Le Hénaff Y., Schieb P.-A., Théoleyre M.-A., La bioraffinerie de Bazancourt-Pomacle : une plate-forme d'innovation ouverte au cœur d'un complexe agro-industriel, *L'Act. Chim.*, 2013, 375-376 (numéro thématique « Biotechnologies et chimie : nouveaux développements »), p. 49.
- [3] Gevo CEO shares lessons learned in the early days of making renewable materials, *Chem. Eng. News*, 2011, 89, p. 26.
- [4] Jamshidian M., Tehrani E.A., Imran M., Jacquot M., Desobry S., Polylactic acid: production, applications, nanocomposites, and release studies, *Compr. Rev. Food Sci. F.*, 2010, 9, p. 552.
- [5] Damm Petersen P. *et al.*, Engineering of plants with improved properties as biofuels feedstocks by vessel-specific complementation of xylan biosynthesis mutants, *Biotechnology for Biofuels*, 2012, 5, p. 84.
- [6] Peltier G. (CEA/CNRS Cadarache), Colloque AdebioTech « Algues : filières du futur ! », 17-19 nov. 2010, Romainville.
- [7] Barbosa M.J., Bosma R., Kleinegris D.M.M., Wijffels R.H., AlgaePARC: facing the challenges of microalgae mass production, *J. Appl. Phycology*, 2011, 46 suppl. 1, p. 26.



Francis Luck

est responsable thématique Catalyse et Génie des Procédés à la Direction scientifique de Total*.

* TOTAL S.A., 24 cours Michelet, La Défense 6, F-92069 Paris la Défense Cedex.
Courriel : francis.luck@total.com

Colloque « Chimie et Expertise : sécurité des biens et des personnes » Mercredi 12 février 2014 - Maison de la Chimie

Comité d'Organisation

Présidents : Danièle OLIVIER - Fondation internationale de la Maison de la Chimie
Patrick ARPINO - Laboratoire d'Électrochimie, Chimie des Interfaces et Modélisation pour l'Énergie (LECIME), ENS Chimie-ParisTech.

Comité Scientifique

Bernard BIGOT - Fondation internationale de la Maison de la Chimie
Patrice BINDER - INSERM et BIOTOX/PIRATOX
Pierre CHARRUE - Commissariat à l'Énergie Atomique et aux Énergies Alternatives (CEA)
François FONTAINE - Institut National de l'Environnement industriel et des Risques (INERIS)
Christine FUCHE - Ministère de l'Intérieur, CREL
Armand LATTES - Université Paul Sabatier
Marc J. LEDOUX - Fédération Française pour les sciences de la Chimie (FFC)
Paul RIGNY - Conseiller Fondation internationale de la Maison de la Chimie (FMC)
François ROCQUET - Fédération Française pour les sciences de la Chimie (FFC)
Thierry SOTO - Institut National de Police Scientifique (INPS)
Bruno VANLERBERGHE - Laboratoire Central de la Préfecture de Police (LCPP)

Avec la collaboration de :

Dominique BIBAL-SERY - Tribunal de Grande Instance de Paris

Comité Logistique

Anne AGOSTINI - Fondation internationale de la Maison de la Chimie
Pascale BRIDOU BUFFET - Fédération Française pour les sciences de la Chimie (FFC)
David ROIG - Fédération Française pour les sciences de la Chimie (FFC)

Inscription

Le colloque ne comporte pas de frais d'inscription. Vous êtes invité(e) à vous inscrire dès que possible et au plus tard le 5 février 2013. Passé cette date, il conviendra de s'inscrire le jour de la manifestation dans la limite des places disponibles. Cependant, aucun déjeunier ne pourra être réservé après le 5 février 2013.

Inscription en ligne sur le site internet :

http://actions.maisondelachimie.com/prochains_colloques.html.

Une confirmation d'inscription sera envoyée par courrier électronique.

À la suite de cette journée, si vous ne souhaitez pas que vos coordonnées soient enregistrées dans la mailing liste pour recevoir les annonces d'autres événements, veuillez le signaler en cochant la case réservée à cet effet sur le formulaire d'inscription.

Accès et transport

Maison de la Chimie : 28bis, rue Saint Dominique - 75007 PARIS
Métro Assemblée Nationale (ligne 12) - Invalides (lignes 8 et 13) et RER ligne C
Bus : 24 - 63- 69 - 73 - 83 - 84 - 93 - 94

Annulation

Toute annulation doit faire l'objet d'une notification écrite, datée et signée avant le 5 février 2013 de préférence par e-mail.

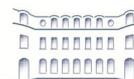
Secrétariat général

Mme Anne AGOSTINI - Fondation internationale de la Maison de la Chimie
28, rue Saint-Dominique - 75007 PARIS
Tél. : 01 40 62 27 18 - e-mail : presidence@maisondelachimie.com

Secrétariat des inscriptions

M. David ROIG - Fédération Française pour les sciences de la Chimie
28, rue Saint-Dominique - 75007 PARIS
Tél. : 01 53 59 02 25 - e-mail : colloquefmc@ffc-asso.fr

05/12/2013



Fondation de la Maison de la Chimie



Chimie
& Expertise



Sécurité des biens et des personnes



Fotolia : © JISIGN, © Borys Shevchuk - frederick florin/afp - ©Préfecture de police-Tous droits réservés

Mercredi 12 février 2014

http://actions.maisondelachimie.com/prochains_colloques.html

Maison de la Chimie
28bis, rue Saint-Dominique 75007 Paris

