



AMBASSADE DE FRANCE EN ALLEMAGNE
SERVICE POUR LA SCIENCE ET LA TECHNOLOGIE

Berlin, le 02 décembre 2010

Rédacteurs :
Julien Sialleli
Chargé de Mission, Environnement et Biotechnologies
Stéphane Roy
Attaché pour la Science et la Technologie

Avec les conclusions de :

- Jean-Paul Cadoret, Laboratoire « Physiologie et biotechnologies des algues » de l'IFREMER,
- Mariana Titica, Groupe de recherche « Bioprocédés et séparation en milieu marin » du GEPEA (Génie des procédés environnement et agro-alimentaire, CNRS, Université de Nantes)
- Ian Probert, Station biologique de Roscoff (Université Pierre et Marie Curie, CNRS)

**L'UTILISATION DES MICRO-ALGUES POUR LA PRODUCTION DE
BIOCARBURANTS EN ALLEMAGNE**

RESUME

Dans un contexte énergétique marqué à la fois par la nécessité de développer des énergies renouvelables plus respectueuses de l'environnement et par l'épuisement à moyen terme des ressources pétrolières, les micro-algues constituent un enjeu d'avenir pour la production de biomasse et de biocarburants. Conscientes de l'intérêt de cette technologie, la France et l'Allemagne intensifient actuellement leurs efforts de R&D dans le domaine des algocarburants.

Une mission d'experts français en Allemagne, organisée par cette ambassade, a été l'occasion de faire un tour d'horizon des principales initiatives allemandes ainsi que d'établir les bases d'éventuelles collaborations franco-allemandes au niveau de ce secteur d'innovation technologique.

SOMMAIRE

Introduction

- 1. Un matériel biologique au potentiel encore largement inexploré
 - o Des axes de recherche à développer.
 - o L'exemple d'une spin-off.
- 2. Des avancées technologiques dans le domaine des photobioréacteurs
 - o Des photobioréacteurs en phase expérimentale.

- AlgeniO₂n.
 - Institut für Getreideverarbeitung - IGV GmbH.
 - Novagreen.
- 3. Les premières démonstrations industrielles.
 - RWE
 - EADS - IGV
- 4. Une protection juridique encore floue
- 5. Un soutien encore dispersé.

Conclusions

Introduction

Dans un contexte énergétique marqué par la nécessité de développer des énergies renouvelables, l'utilisation des micro-algues pour la production de biocarburants apparaît comme un secteur d'avenir. Les micro-algues sont des micro-organismes photosynthétiques unicellulaires dotées d'une croissance rapide et de la particularité de produire des métabolites industriellement intéressants (polysaccharides, pigments, lipides). Elles constituent un matériel photosynthétique de choix pour capturer du CO₂ et fabriquer de la biomasse. Leur grande diversité biologique et leur adaptabilité, un rendement supérieur à celui des plantes supérieures pour la production de biocarburants¹ ainsi que la non-compétition avec la production alimentaire sont autant d'atouts pour la fabrication de biocarburants à partir de leurs constituants polysaccharidiques (bioéthanol, biogaz) ou lipidiques (biofuels).

Le développement viable écologiquement et économiquement de ces biocarburants requiert néanmoins de s'affranchir de plusieurs barrières technologiques que seule la R&D permettra de surmonter :

- la réduction des coûts de production (R&D génie biochimique, etc.) ;
- la maîtrise du rendement, grâce notamment à l'utilisation de microorganismes génétiquement modifiés ;
- le développement de mesures de précaution pour limiter les risques de prolifération des micro-algues dans le cas de culture extensive ;
- la nécessité d'étudier plus en détail l'impact de la culture de micro-algues sur l'effet de serre ;
- l'identification des espaces appropriés et disponibles pour la culture extensive de micro-algues, etc.

Le service pour la science et la technologie de cette ambassade a organisé une mission exploratoire pour trois des plus importants laboratoires français – Laboratoire « Physiologie et biotechnologies des algues » de l'IFREMER, le Groupe de recherche « Bioprocédés et séparation en milieu marin » du GEPEA (Génie des procédés environnement et agro-alimentaire, CNRS, Université de Nantes) et la Station biologique de Roscoff (Université Pierre et Marie Curie, CNRS). La mission s'est articulée autour de la visite de deux régions en Allemagne : la Rhénanie du Nord - Westphalie et la région de Berlin-Brandebourg. Les scientifiques français ont pu rencontrer les acteurs de la recherche et de l'innovation allemande dans le secteur des micro-algues à la fois dans le monde universitaire (Université de Cologne, Institut technologique de Karlsruhe, Université technique de Berlin), dans les organismes de recherche (centre de recherche de la Helmholtz à Jülich), d'entreprises innovantes (IGV, Phytolutions, AlgeniO₂n, Novagreen...) et d'industriels (fournisseur d'électricité allemand RWE).

Ce rapport présente les résultats de cette mission et offre une analyse de l'approche allemande en matière de recherche sur les micro-algues en s'intéressant particulièrement aux études fondamentales sur leur biologie, aux développements technologiques liés à la construction de photobioréacteurs et aux premières applications industrielles. Il permet de faire un état des lieux des perspectives de la recherche sur les micro-algues qui devraient être renforcées en Allemagne dans les prochaines années.

¹ La production de carburants à partir de micro-algues pourrait représenter 20.000 à 60.000 litres d'huile par hectare par an contre 6.000 litres pour l'huile de palme, un des meilleurs rendements terrestres.

1. Un matériel biologique au potentiel encore largement inexploré

Les algues sont des organismes photosynthétiques responsables de près de la moitié de la fixation de CO₂ sur terre. Le nombre d'espèces d'algues est supérieur à 1 million et elles représentent de ce fait une source illimitée et largement inexploitée de diversité biologique. L'ensemble des interlocuteurs rencontrés se sont accordés pour dire que les micro-algues ont un potentiel de valorisation qu'il ne faudrait pas limiter à la production de biocarburants. Les applications environnementales (dépollution des effluents liquides chargés en nitrates, phosphates, métaux lourds), la production de protéines pour l'agroalimentaire notamment dans l'aquaculture, la pharmaco-cosmétologie sont les exemples de valorisation qui trouvent des applications rapides... Pour les experts allemands, la composante bioénergétique représentera l'étape finale qui s'appuiera à la fois sur la maturation des technologies de production et d'exploitation et sur une meilleure connaissance du potentiel biologique des micro-algues (en particulier en matière de composants). Certains laboratoires comme celui de l'institut des techniques environnementales et biologiques de l'Ecole supérieure spécialisée de Brême² se concentrent d'ores et déjà sur le développement de nouveaux procédés d'utilisation industrielle des micro-algues. Dans ce cadre, le laboratoire de Brême mène depuis le 1er juillet 2008 un projet sur l'amélioration des installations de biogaz, intitulé AlgenBiogas³. Le BMBF apporte son soutien à ce projet pour une durée de 3 ans, à hauteur de 245.000 euros.

a. Des axes de recherche à développer^{4,5}.

Il est encore nécessaire d'investir dans la recherche pour explorer la grande diversité biologique de ces organismes dans le but :

- d'analyser leur phénotype et sélectionner les micro-algues qui présentent les conditions physico-chimiques les mieux adaptées à la culture⁶ et la production d'algocarburants. Ces travaux peuvent aussi permettre de développer des souches de micro-algues mutantes optimales pour la production de biomasse mais incapables de s'imposer dans des conditions naturelles. Cela permettrait d'assurer la non prolifération des micro-algues génétiquement modifiées pour leur potentiel bioénergétique.

² http://www.hs-bremen.de/internet/de/forschung/projekte/detail/index_15164.html

³ Des micro-algues pour améliorer le fonctionnement des unités de biogaz - BE Allemagne 393 - 9/07/2008 - <http://www.bulletins-electroniques.com/actualites/55304.htm>

⁴ **Personnes rencontrées : Prof. Ulrich Schurr et son collaborateur italien, Roberto Bassi, Directeur de l'Institut Phytosphère (Hightech for Plant Sciences and Bioeconomy) du Centre de recherche de Jülich (Forschungszentrum Jülich), Jülich.**

Le Centre de recherche de Jülich est un centre de la Helmholtz. Le groupe « Phytosphère » (ICG-3) se trouve au sein de l'Institut de chimie et de dynamique de la géosphère (ICG) <http://www.fz-juelich.de/icg/icg-3/phytosphere>. Les activités de recherche d'ICG-3 vont de la biologie moléculaire aux systèmes intégrés de production à grande échelle (de la sélection de souche à son exploitation sur des effluents gazeux industriels, en photobioréacteurs clos). Bien que leur activité principale tourne autour des plantes supérieures (ils sont en particulier à l'origine d'un programme national sur le phénotypage des plantes), ils ont débuté il y a 2-3 ans dans les microalgues en partenariat avec RWE et Novagreen. Ils ont plusieurs projets : micro-algues et biogaz, micro-algues et bioconversion...

⁵ **Personne rencontrée, Prof. Michael Melkonian, Laboratoire de biotechnologie micro-algale, Institut de Botanique, Université de Cologne.**

L'activité de son laboratoire se concentre sur l'étude des algues flagellées (structure, fonction, origine et évolution) et est axée sur trois domaines : i) biologie cellulaire et moléculaire des flagellées, ii) phylogénie, systématique et évolution des micro-algues et de leurs organelles photosynthétiques, iii) exploitation des micro-algues utilisant la technologie d'immobilisation des cellules mise au point par le laboratoire.

⁶ On estime à moins de 1% les espèces d'algues cultivées en laboratoire.

- de développer les meilleures conditions de culture et de production de biomasse (utilisation de la lumière, conversion en biomasse...). Le centre de recherche de Jülich s'intéresse aux micro-algues et à la bioconversion de produits à haute valeur ajoutée sans donner plus de précisions. D'autres laboratoires s'intéressent à la production d'hydrogène en quantité suffisante à partir de micro-algues comme à Brême^{7, 8, 9} ou Münster^{10, 11}.
- de renforcer les études de génomique comparative, structurale et fonctionnelle sur les souches optimales pour la production de biomasse (croissance, balance énergétique, contenus en lipides)...

Un point important reste l'organisation des collections de micro-algues dispersées sur le territoire allemand (la plus importante étant à Göttingen) et pour lesquelles aucune solution pérenne n'est envisagée au-delà des initiatives individuelles. A ce sujet, la collection de la station biologique de Roscoff (l'une des cinq plus grandes collections de cultures d'algues marines au monde) a été reconnue comme un avantage compétitif pour la recherche sur les micro-algues.

Sur la question des modifications génétiques des micro-algues qui pourraient offrir une série de développements technologiques importants, les experts ont rencontré une série d'avis contradictoires entre ceux qui considèrent que la grande diversité des micro-algues ne rend pas la recherche sur les OGM de micro-algues indispensable et ceux pour qui la génétique classique restera difficile pour les micro-algues car il n'y a pas assez de variabilité d'où la nécessité d'aller aux OGMs.

b. L'exemple d'une spin-off^{12, 13}.

A partir des travaux de l'université Humboldt à Berlin¹⁴, une entreprise a été créée en 2007 – Cyano Biofuels GmbH – spécialisée dans le développement et l'optimisation de l'utilisation de cyanobactéries pour la production de biocarburants¹⁵. Cyano Biofuels

⁷ Nouvelle technique de production de biocarburants à partir des micro-algues - BE Allemagne 467 - 20/01/2010 - <http://www.bulletins-electroniques.com/actualites/61954.htm>

⁸ Groupe de recherche « Photo-biotechnologie » de la faculté de biochimie de l'Université de la Ruhr : <http://www.ruhr-uni-bochum.de/pbt/>. Le laboratoire, dirigé par le Prof. Thomas Happe, consacre ses recherches à la production d'hydrogène à partir de micro-algues.

⁹ Production d'hydrogène à partir de cellules vivantes – BE Allemagne 445 – 16/07/2009 - <http://www.bulletins-electroniques.com/actualites/059/59986.htm>

¹⁰ Ce projet qui vise à améliorer le rendement micro-algues pour la production d'hydrogène est soutenu par le BMBF à hauteur de 1,8 millions d'euros et réunit des chercheurs des universités de Münster, de Karlsruhe, de Bielefeld et de l'Institut Max Planck de physiologie végétale moléculaire de Golm. Cette initiative s'inscrit dans le consortium Solar Biofuels : <http://www.solarbiofuels.org/index.php>

¹¹ Améliorer le rendement en hydrogène de micro-algues – BE Allemagne 398 – 13/08/2008 - <http://www.bulletins-electroniques.com/actualites/055/55660.htm>

¹² **Personne rencontrée : Dr Dirk Radzinski, Corporate development, Cyanofuels, Berlin.**

¹³ <http://www.cyano-biofuels.com/>

¹⁴ Projet financé par le BMBF pour € 1 million entre 2008 et 2010.

¹⁵ Les biocarburants en Allemagne : de la première à la troisième génération – 13/03/2009. http://www.bulletins-electroniques.com/rapports/smm09_024.htm

coordonne de nombreux projets dans le domaine des biocarburants de 3^e génération, notamment avec les universités de Giessen et de Fribourg-en-Brigau¹⁶.

2. Des avancées technologiques dans le domaine des photobioréacteurs

La culture de micro-algues pour une production de biomasse économiquement rentable se fait à l'aide de divers types de photobioréacteurs dont la mission a eu un aperçu. Les enjeux technologiques doivent cependant relever les défis de l'efficacité de la diffusion du CO₂ en milieu liquide, de la contamination des cultures, de la distribution uniforme de la lumière... Pour une valorisation commerciale des algocarburants, le coût de production se chiffrerait idéalement à 1 €/kg de biomasse produite. Dans l'état actuel de développement technologique, le coût se situe à un niveau 5 à 10 fois plus élevé.

a. Des photobioréacteurs en phase expérimentale¹⁷.

Dans un souci d'une meilleure compréhension des systèmes de production de biomasse à partir de micro-algues en bioréacteurs, il est nécessaire de mener, dans un premier temps, des études sur des bioréacteurs de petite échelle. Par exemple, le laboratoire du Prof. Posten au KIT développe des outils de modélisation et de simulation, permettant de caractériser la croissance des espèces d'intérêt (mutants) dans l'environnement d'un photobioréacteur clos. Il a évoqué des collaborations avec la communauté des biologistes (par ailleurs, très forte et bénéficiant aussi d'un appui financier important – voir projet GoForsys¹⁸)

Pour optimiser les conditions de cultures appliquées à diverses variétés d'algues, plusieurs universités mènent des études sur des bioréacteurs de petite échelle (environ 10m²). Les principaux axes innovants sont la réduction du milieu liquide, la dilution de la lumière, l'amincissement de la paroi des photobioréacteurs, l'utilisation de la lumière infrarouge ou de LED pour augmenter l'efficacité...

b. AlgeniO₂n.^{19,20}

Créée par le Prof. Melkonian, AlgeniO₂n est une entreprise spécialisée dans l'application des micro-algues en aquaculture et dans le secteur du retraitement des eaux usées et de la précipitation des métaux lourds. La technologie développée par AlgeniO₂n s'appuie sur le constat que la plus grande erreur a été de penser que les technologies connues sur les fermenteurs pouvaient être transposées aux photobioréacteurs. Les Japonais auraient investi € 80 millions sur ce sujet et auraient arrêté.

¹⁶ Le BMBF soutient la recherche sur les cyanobactéries productrices d'éthanol - BE Allemagne 398 - 13/08/2008 - <http://www.bulletins-electroniques.com/actualites/55659.htm>

¹⁷ **Personne rencontrée : Prof. Clemens Posten, Directeur, Laboratoire des bioprocédés. Institute of Engineering in Life Sciences. Karlsruhe Institute of Technology, KIT, Karlsruhe.**

L'activité principale du laboratoire des bioprocédés est de s'intéresser à la photo-biotechnologie. Il s'appuie sur la fermentation sous des conditions contrôlées, modélisation mathématiques des bioprocédés incluant la mesure des composés intracellulaires.

¹⁸ Programme de biologie des systèmes pour les plantes. <http://www.goforsys.org/en/index.aspx>

¹⁹ **Personne rencontrée : Prof. Dr. Michael Melkonian, Fondateur d'AlgeniO₂n. Cologne**

²⁰ <http://www.algenion-biotec.de/en/company.html>

A cela se rajoute le fait que les cultures d'algues en suspension liquide présentent plusieurs inconvénients : la consommation d'énergie est importante pour manipuler 97% d'eau, la diffusion du CO₂ est 1000 fois moins importante dans l'eau que dans l'air, les contaminations sont nombreuses et une énergie considérable est utilisée pour le pompage et le nettoyage sous pression des photobioréacteurs. Il y a la nécessité de limiter le milieu algal à 1mm d'épaisseur pour permettre une distribution uniforme de la lumière dans le système...

Aux systèmes de culture en suspension, AlgeniO₂n propose un système de production avec des cellules immobilisées « Twin-Layer System » qui consistent à fixer les micro-algues sur des matrices poreuses (synthétiques, hydrophiles) de faible épaisseur (1mm) orientées à la verticale. Le milieu de culture est alimenté par les pores de la matrice, où il circule en régime laminaire. La technologie cherche moins une productivité importante qu'une production linéaire, c'est pourquoi « Twin-Layer System » produit seulement 2g/m²/j. L'avantage réside dans le fait que la technologie consomme 90% d'énergie en moins car elle ne nécessite pas d'enlever l'eau pour récupérer les algues et la biomasse. La diffusion de CO₂ est par ailleurs rapide et homogène.

Le Prof. Melkonian estime produire pour un coût 20% moins élevé que tous les autres systèmes. Si le concept est séduisant car à l'image de la feuille de l'arbre, son utilisation pour de hautes densités cellulaires reste à démontrer.



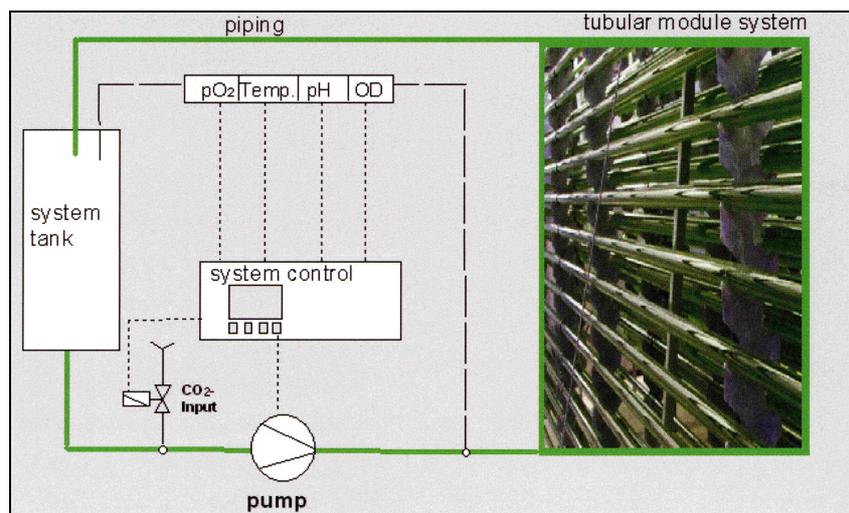
Principe du Twin Layers - AlgeniO₂n

c. Institut für Getreideverarbeitung - IGV GmbH²¹.

L'expertise d'IGV GmbH dans les micro-algues recouvre la dimension bioénergétique mais aussi une application à la pharmaco-cosmétologie. Le photobioréacteur d'IGV utilise des modules de tube en verre pour favoriser la mise en place d'une fine couche de cellules photosynthétiques avec une interconnection homogène avec les sources de lumières. Il y a de fortes similarités entre l'installation IGV et le principe développé par Novagreen à l'exception de la disposition des tubes (à l'horizontale chez IGV, verticale chez Novagreen) et le matériel utilisé (verre chez IGV, plastique chez Novagreen). Le même système est utilisé pour la régulation du pH, la conduite de la culture et de la récolte.

²¹ **Personne rencontrée : Prof. Otto Pulz, Head of Biotechnology. Institut für Getreideverarbeitung IGV GmbH, Potsdam.**

L'Institut de matières premières végétales et de technologie alimentaire de Potsdam-Nuthetal regroupe 130 personnes et a maintenant le statut de compagnie privée.



Tubular module system - IGV GmbH

IGV GmbH a vendu d'ores et déjà 162 photobioréacteurs dont celui transportable en container pour 2000 litres de suspension de micro-algues²². Des exemples de clients sont la société Salata, pour l'utilisation de micro-algues pour la production de nourriture, d'aliments pour les animaux et de cosmétiques. IGV GmbH a aussi été l'initiateur en Allemagne de l'installation de la ferme de micro-algues de Klötze (Saxe-Anhalt)²³ pour la production de chlorelles, une installation dont le coût a été évalué à € 10 millions.

IGV est aussi impliqué dans le projet Semiramis soutenu à hauteur de € 4 millions et auquel participent l'Université de Potsdam et l'École supérieure de Lausitz. Ce projet vise à capturer le CO₂ en produisant de la biomasse à partir de micro-algues. IGV espère continuer à bénéficier d'un soutien du gouvernement fédéral dans le cadre du nouveau programme « bioénergie et biocarburants » du BMBF.

Dans un souci d'augmenter la productivité des cultures, il est à noter le partenariat initié en juin 2010 entre IGV et une société française basée à la Réunion (Bioalgostral^{24, 25}) dans le but de « tropicaliser » le photobioréacteur allemand. Ce projet s'inscrit dans le programme GERRI Réunion 2030 qui souhaite faire de la Réunion un exemple en matière d'énergies renouvelables et de réduction des émissions de gaz à effet de serre.

d. Novagreen^{26, 27}

Novagreen produit des bioréacteurs pour la production de micro-algues dans un environnement confiné. La plate-forme technologique de Novagreen utilise un système en trois couches (sous forme de sacs) qui doivent être installés dans une serre.

²² coût 225.000 euros

²³ <http://www.algomed.de/index.php?op=algenfarm>

²⁴ **Personnes rencontrées : Laurent Blériot, René Duflot, Bioalgostral.**

²⁵ <http://www.bioalgostral.com/>

²⁶ **Personne rencontrée : Dr. Joachim Henjes, Head of Biology, Phytolutions GmbH.**

Phytolutions est une spin-off de la Jacobs University à Brême qui opère le système de production de micro-algues pour le compte de RWE. <http://www.phytolutions.com/?q=company/profile>

²⁷ <http://www.novagreen-microalgae.com/7.html>



Principe du photobioréacteur - Novagreen

Le CO₂ est alimenté sous forme dissoute (dissolution dans un tank de recirculation en entrée d'installation). Les activités de recherche associées à cette plateforme conduites par le centre de recherche de Jülich et l'université Jacobs de Brême visent à optimiser des systèmes de culture (accès à la lumière, transfert gaz-liquide, température, optimisation des milieux de culture...). Le centre d'intérêt est la culture de micro-algues en conditions de croissance (stabilisation de la culture en conditions où les nutriments ne sont pas limitants) sans aborder l'efficacité de traitement en termes d'abattement de CO₂, ni les conditions de culture menant à l'accumulation de lipides (limitation en azote).

3. Les premières démonstrations industrielles.

Elles mettent en œuvre de façon optimisée une véritable phase de démonstration de la production et de l'exploitation industrielle et contrôlée d'une biomasse issue de la culture des micro-algues.

a. RWE²⁸

En s'appuyant sur des partenariats universitaires (Université Jacobs de Brême, Centre de recherche de Jülich) et industriels (Novagreen, Phytolutions), le premier producteur d'électricité allemand RWE²⁹ a lancé en 2008 pour € 400.000 un programme de conversion du CO₂ produit par la centrale à lignite de Niederaußem en Rhénanie du Nord - Westphalie.

Cette installation pilote s'appuie sur la production de micro-algues en utilisant le CO₂ issu des gaz de combustion et le photobioréacteur de Novagreen sur une surface éclairée d'environ 600 m² en monoculture de nannochloropsis en milieu salin. Le principe décrit dans les deux figures suivantes consiste à dissoudre le CO₂ dans une suspension de micro-algues

²⁸ **Personne rencontrée: M. Georg Wiechers, Research and Development, Power Plant Concepts, Centrale RWE de Bergheim / Niederaußem**

²⁹ <http://www.rwe.com/web/cms/en/111466/rwe/rwe-group/about-rwe/>

en culture. Le CO₂ est absorbé jusqu'à saturation par la suspension cellulaire. Le système peut produire jusqu'à 6000 kg d'algues par an ce qui correspond à l'absorption de 12.000 kg de CO₂.

Bien que visant avant tout à réduire les émissions de CO₂ de la centrale, l'installation pilote permet aussi de tester différents taux de conversion du système CO₂-biomasse même s'il est difficile d'intervenir sur les paramètres de production - l'approche de RWE étant moins axée recherche que expérimentation du concept.

Si l'objectif du projet vise avant tout à réduire les émissions de CO₂, les partenaires de RWE cherchent aussi à mettre en place un continuum de recherche qui s'étend de la production d'algues et l'amélioration des photobioréacteurs à la production de biomasse et la conversion de cette biomasse. L'installation pilote de micro-algues indique pour l'instant une production de biomasse de 1,2 g/l/jour.

Démarré avec des fonds privés, le projet algues RWE est présenté comme « une vitrine » pour une production de biomasse à l'échelle semi-industrielle, attirant des collaborations et des fonds privés ou gouvernementaux. A travers l'application, on cherche à faire progresser la connaissance et à acquérir l'expertise sur les micro-algues. Il est important de noter que l'installation pilote de Niederaußem entrera dès la fin de l'année 2010 dans une deuxième phase de développement (doublement de la surface) et bénéficiera d'un soutien du Land de Rhénanie du Nord – Westphalie d'un montant de € 20 millions pour 3 ans. RWE estime toutefois qu'il sera très difficile d'épurer les rejets d'une centrale avec l'utilisation de micro-algues : il faudrait 6,3ha de culture pour une centrale de 10MW

Une approche similaire est conduite par Vattenfall qui lance un projet de recherche pour piéger du CO₂ émis par une centrale au lignite³⁰. Utilisant les photobioréacteurs de Subitec³¹, spin-off de l'Institut Fraunhofer de Stuttgart pour les surfaces de séparation et les techniques de procédés biologiques (Fraunhofer IGB³²), l'installation pilote est installée dans le Brandebourg.

b. EADS - IGV

La technologie de photobioréacteur développée par IGV (en collaboration avec l'Université de Potsdam et l'École supérieure de Lausitz) a permis la production de biomasse pour la fabrication de l'algocarburant utilisé pour le premier vol expérimental d'un avion d'EADS au salon ILA de Berlin de juin 2010 (eCO₂avia³³) avec le soutien financier du gouvernement bavarois. La biomasse a été produite en Argentine et transformée en huile par IGV.

4. Une protection juridique encore floue

Pour préserver les avancées scientifiques des laboratoires leader dans le domaine des micro-algues en Europe il est nécessaire de combler le vide juridique existant au niveau de la protection des souches. En termes de protection de la propriété intellectuelle, deux systèmes différents entrent en ligne : la propriété intellectuelle qui concerne les

³⁰ Vattenfall lance un projet de recherche pour piéger le CO₂ émis par une centrale au lignite - BE Allemagne 493 - 26/08/2010. <http://www.bulletins-electroniques.com/actualites/64241.htm>

³¹ <http://en.subitec.com/>

³² <http://www.igb.fraunhofer.de/start.en.html>

³³ <http://ila2010.eads.com/en.htm#innovation>

« semenciers » et les nouvelles variétés et la propriété intellectuelle qui concerne les nouveaux gènes dans le cadre de la protection des avancées biotechnologiques.

Pour l'instant, il semble que les micro-algues ne pourront être considérées qu'à travers l'approche biotechnologique et qu'il ne sera possible de breveter que les micro-algues ayant des gènes pour lesquels une utilité claire a été prouvée. Cela laisserait la découverte de nouvelles souches et de leurs phénotypes sans protection d'un point de vue de la propriété intellectuelle.

5. Un soutien encore dispersé³⁴.

En Allemagne, le soutien public à la recherche sur les algues et à leur utilisation n'est pas clairement affiché bien que des recherches d'amont de grande envergure soient nécessaires pour lever les verrous qui subsistent. Ce soutien financier provient soit de l'état fédéral (BMBF) soit des Länders, comme le montre la Rhénanie du Nord – Westphalie qui finance la deuxième phase du projet de RWE.

Il n'en demeure pas moins que cette thématique offre un intérêt pour l'utilisation des énergies renouvelables dans le mixe énergétique voulu par les autorités allemandes (40% à l'horizon de 2050). A ce titre, les biocarburants et l'utilisation des micro-algues pour la production de biocarburants suscitent un intérêt plus accru. Plusieurs laboratoires inscrivent cette thématique dans les axes de recherche de leurs laboratoires et ce, parfois de façon très récente³⁵.

Dans le cadre de l'année de la science 2010 en Allemagne, consacrée à l'avenir énergétique, quatre scientifiques ont été nommés ambassadeurs des énergies renouvelables et du futur énergétique³⁶. Le Prof. Carola Griehl, directrice du nouveau laboratoire de biotechnologie des algues à l'Ecole supérieure d'Anhalt (Saxe-Anhalt)³⁷ est l'un des quatre ambassadeurs nommé par Mme Shavan, ministre de la recherche et de l'enseignement supérieur.

La recherche en Allemagne sur les micro-algues pourrait bientôt bénéficier d'un soutien plus accru de la part du gouvernement fédéral avec la création prochaine d'un programme de bioéconomie au sein du BMBF. Cette initiative répond aux recommandations du BioÖkonomieRat³⁸, le Conseil allemand de bioéconomie appliquée à la recherche et aux

³⁴ **Personne rencontrée : Prof. Dr. Bernd Müller-Röber, Université de Potsdam, Max Planck Institute for Molecular and Plant Physiology, Postdam. Directeur du groupe de travail BioÖkonomieRat.**

³⁵ **Personnes rencontrées : Prof. Iryna Smetanska, Dr. Yaroslav Shevchenko, Institut de technologie alimentaire. Technisch Universität Berlin, Berlin.**

Très tournés vers les plantes supérieures et la production de sucres, ce groupe n'a que peu d'expérience en microalgues. Ils espèrent toutefois pouvoir transposer leurs compétences acquises dans les milieux de culture des plantes supérieures vers les microalgues

³⁶ Quatre ambassadeurs pour l'avenir énergétique en Allemagne - BE Allemagne 469 - 3/02/2010 - <http://www.bulletins-electroniques.com/actualites/62184.htm>

³⁷ <http://www.bwp.hs-anhalt.de/forschung/arbeitsgruppen/biochemie-algenbiotechnologie.html>

Le laboratoire, dirigé par le Prof. Carola Griehl, conduit de nombreux de projets de recherche dans le domaine des algocarburants. A titre d'exemple, on peut nommer le projet mené en partenariat avec l'entreprise MAL GmbH et qui vise à étudier la culture, l'utilisation et l'analyse des micro-algues.

³⁸ Le Conseil allemand de bioéconomie plaide pour un renforcement du soutien de la recherche agronomique pour la nouvelle législature - BE Allemagne 456 - 23/10/2009 - <http://www.bulletins-electroniques.com/actualites/60880.htm>

technologies, mis en place dans le cadre de l'Académie des technologies Acatech³⁹. D'après le Conseil, la recherche en agronomie occupe un rôle central pour accroître la production alimentaire et celle de biomasse.

Le BioÖkonomieRat a souligné qu'il serait judicieux de mettre en place un soutien à la recherche en agronomie qui s'affranchirait des frontières entre les différentes disciplines. Pour ce faire, les structures de recherches doivent être réorganisées et la coopération entre les ministères doit être accrue. Un renforcement du soutien de la recherche est indispensable si l'Allemagne souhaite suivre les tendances de la recherche internationale en agronomie.

Conclusions

Dès 2006, le gouvernement allemand a commencé à investir dans les programmes de recherche bioénergie et biocarburants il y a environ trois ans. Cela a fait réaliser à beaucoup de laboratoires le potentiel que ce matériel biologique pouvait avoir et fait apparaître un grand nombre de programmes de recherche au sein des universités allemandes. Il nous a paru utile de faire l'état des lieux de ces programmes qui s'inscrivent dans un continuum entre production d'algues, photobioréacteurs, production et conversion de la biomasse.

De façon générale, la production de biocarburants utilisant les micro-algues apparaît comme une application possible. Tout le monde s'accorde à dire qu'une rupture technologique est cependant nécessaire pour rendre l'application algocarburant économiquement viable. L'optimisation se situe à plusieurs niveaux : optimisation du milieu de culture, optimisation des souches (mutation, phénotype), optimisation de système de culture (photobioréacteur)... Beaucoup d'efforts semblent encore ciblés autour de la mise en culture de micro-algues. Les problématiques liées à la production de lipides, à savoir la récolte, la gestion de ressources (N, P, eau) n'ont pas été évoquées par les experts allemands et les réponses aux questions ont été évasives.

La thématique des micro-algues s'inscrit dans le nouvel axe voulu par le BMBF sur la promotion de la bioéconomie qui passe par un renforcement de la recherche en agronomie. Le secteur de la bioéconomie représenterait déjà deux millions d'emplois qui créent une valeur ajoutée de près de 300 milliards d'euros. Le land de Rhénanie du Nord – Westphalie a déjà fait de la Knowledge Based Bio Economy (KBBE) un axe prioritaire de sa stratégie en R&D.

La France et l'Allemagne présentent des similitudes en termes de sources de financement avec des fonds disponibles au niveau régional, national ou des contrats industriels. La thématique des micro-algues est un sujet pour lequel la France et l'Allemagne aurait tout intérêt à collaborer ayant des objectifs communs et des atouts complémentaires. En Allemagne, le développement international de cette thématique s'appuie déjà sur un consortium avec l'Australie et le Royaume Uni (SolarBiofuels Consortium^{40, 41}) dont le premier objectif est de construire un photobioréacteur de 500 m².

³⁹ <http://www.acatech.de/>

⁴⁰ Ce consortium regroupe plusieurs acteurs du monde académique (en Allemagne et en Australie) et industrielle. Il recouvre divers aspects de la production de biocarburants à partir de micro-algues (biomasse, biohydrogène, biométhane, biodiesel) et est soutenu par la DFG, la DAAD, la DBU, l'UE et le Ministère australien de la recherche.

⁴¹ <http://www.solarbiofuels.org/index.php>