

« Info Berlin N°9 – Décembre 2010 »

Par M. Joël Guidez, Conseiller CEA à l'Ambassade de France à Berlin

Et Melle Claire Vaille, Volontaire International.

## **Biomasse et énergie en Allemagne. Etat et situation de la recherche.**

La biomasse est un vecteur clé de la politique des énergies renouvelables en Allemagne, et son utilisation est un composant essentiel de la politique énergétique allemande. Pour 2009, cette utilisation a permis de produire 4% de la production électrique allemande, 7% du diesel consommé par les particuliers (sous forme de biodiesel) et 163 millions de Nm<sup>3</sup> (Normaux Mètre Cube<sup>1</sup>) de biogaz utilisé essentiellement dans le réseau du gaz "fossile". A titre de comparaison, le solaire a produit en 2009 1% de l'électricité et l'éolien 6,5%. Cette utilisation se fait de manière extrêmement décentralisée, avec de multiples types de composteurs, adaptés aux produits utilisés. De nombreuses recherches sont faites localement par les Instituts Fraunhofer pour améliorer les processus, participer au dimensionnement et à la conception, et adapter le produit à la situation locale. Par exemple la ville de Stuttgart estime ses quantités annuelles de déchets biologiques disponibles sur le marché biologique à 6000 tonnes et estime une production potentielle correspondante de 300.000 Nm<sup>3</sup> de méthane par an. L'Institut Fraunhofer de Stuttgart pour les surfaces de séparation et les techniques de procédés biologiques (IGB) est en train de dimensionner les composteurs correspondants<sup>2</sup>. Un soutien est apporté à ces actions via des coûts de rachat garantis par le gouvernement aux environs de 10 c€/kWh pour le kWh produit par cette biomasse.

### **La ressource biomasse**

Cette ressource correspond à l'ensemble des végétaux du territoire, que ce soit dans des zones cultivées ou non (forêts, taillis). On utilisera donc soit des cultures spécifiques (colza), soit des déchets d'exploitation (paille, bois). Il faut y ajouter tous les déchets domestiques ou industriels qui présentent par ailleurs l'avantage d'être déjà collectés.

Des cartes du territoire, avec toutes les parcelles, sont établies permettant par des logiciels adaptés d'en déduire les quantités disponibles, leur localisation, leur disponibilité temporelle<sup>3</sup>, etc. Des programmes permettent alors d'établir les flux disponibles. En corrélation et en toute logique des études sont menées pour voir comment augmenter ces flux (plantations, y compris transgéniques, irrigation<sup>4</sup>, etc. On voit donc une forte intégration de l'agriculture dans le monde de l'énergie.

<sup>1</sup> Nm<sup>3</sup> (Normaux Mètres Cubes) : Unité de débit qui permet de comparer des mesures effectuées dans des conditions différentes et réel ramené aux conditions normatives 0°C et 1 bar absol u. Capacité théorique de production de biogaz en Allemagne : 23-24 Mrd. m<sup>3</sup>, soit un potentiel énergétique de 116 TWh.

<sup>2</sup> Ref U. Schliessmann, FhG-IGB - présentation au colloque "Sustainable BioEconomy" organisé par le KIT en décembre 2010

<sup>3</sup> Ref S. Pütz, D. Thrän, Helmholtz UFZ - présenté au colloque "Sustainable BioEconomy", KIT, déc. 2010

<sup>4</sup> Ref : Jörg-Peter Schnitzler, Jörg Durner, HZM - présenté au colloque "Sustainable BioEconomy", KIT, déc. 2010

Indépendamment de ses champs de panneaux solaires et d'éoliennes, on estime qu'environ 2.15 millions d'hectares (soit 18 % de la surface cultivable) est consacré à la fourniture de cette biomasse. On notera que la concurrence avec la production de la nourriture pose problème en termes d'acceptation publique, ce qui conduit à la fois à une baisse du soutien public et à une orientation (au moins affichée) vers les générations 2 et 3, qui utilisent des déchets, ce que personne ne conteste.

### **Les biocarburants première génération** (voir Annexe1)

L'Allemagne est le plus gros producteur européen de biodiesel (essentiellement à base d'huile de colza) et de bioéthanol. Elle a produit en 2009 3,5 millions de tonnes de biocarburants, soit 5.5% de la consommation de carburants (pourcentage énergétique) en Allemagne, dont 2,5 millions de tonnes de biodiesel (7% de la consommation totale de diesel) et 903.000 tonnes de bioéthanol. Cette production correspond à environ 1,2 millions d'hectares en 2010, soit 10% des surfaces cultivables en Allemagne, uniquement pour ces deux carburants, ce qui montre les limites du procédé. Environ 70 usines de production sont disséminées sur le territoire. Des procédés chimiques ont été mis au point pour améliorer la rentabilité des procédés. Par exemple des hydrolyses permettent de produire aussi du gaz et d'améliorer les produits fournis en quantité et qualité<sup>5</sup>.

Là aussi une politique de garantie des prix d'achats existe.

### **Les biocarburants deuxième génération (BtL - Biomass to Liquid)** (voir Annexe 2)

Le principe est d'utiliser divers déchets végétaux (paille, bois, écorce, son, ..) pour fabriquer du gaz et des carburants liquides.

L'Institut de technologie de Karlsruhe (KIT) assure une grande part de la R&D relative à ces problèmes dans le cadre de la société Helmholtz. Sur des points précis, elle sous-traite à de nombreux laboratoires, mais elle garde la stratégie et la cohérence d'ensemble, avec le projet Bioliq. Cette stratégie consiste à collecter la biomasse (par exemple la paille) disponible dans un rayon maximal de 50 km et de la transformer après séchage, par une opération de pyrolyse rapide en un composé goudronneux appelé le slurry. On passe alors d'un produit de base à environ 2GJ/m<sup>3</sup> (bois ou paille) à un produit liquide à 20 GJ/m<sup>3</sup>, transportable et stockable, sous certaines conditions. Ce slurry peut alors être amené à une usine de raffinage plus lointaine, pour production de gaz et de BtL. Après quelques problèmes de mise au point, la première partie du projet (Bioliq 1) s'attachant à la pyrolyse rapide fonctionne désormais de manière convenable avec de la paille et la dernière campagne de deux semaines à l'automne 2010 a été un succès. Bioliq 2 ,3 et 4 sont en cours de construction près de Bioliq 1. Le local Bioliq 2 sera consacré à la gazéification du slurry. Le local adjacent abritera Bioliq 3 et 4, qui travailleront aux opérations de purification et traitement pour obtenir le syngaz recherché, ainsi qu'à la production des différents produits finis envisageables à partir de ce syngaz (en particulier le BtL par le procédé Fisher Tropsch , mais d'autres procédés permettant la synthèse de DME, etc.. seront aussi testés). Toutes ces installations s'appuient sur des unités pilotes destinées à développer les procédés. En particulier l'installation REGA travaille sur la purification du gaz.

Il faut noter la filière parallèle développée par Choren, à partir du bois et exploitant le procédé Fischer Tropsch. Après l'installation prototype Alpha, l'installation Beta (45 MW, avec un objectif d'environ seize millions de litres de BtL par an (9 t/h biomasse avec un rendement masse de 18%, 8000 h de fonctionnement par an et une densité finale de 800 kg/m<sup>3</sup> )) a été inaugurée en 2009, avant d'être arrêtée pour des problèmes de mise au point . La différence principale par rapport à Bioliq est

---

<sup>5</sup> Ref : F. Vogel, O. Kröcher, PSI, Schweiz - présenté au colloque "Sustainable BioEconomy", KIT, déc. 2010

liée à la préparation de la biomasse : dans le procédé Choren, la pyrolyse rapide (produisant un liquide) est remplacée par une pyrolyse lente (produisant un gaz et un solide). La mise au point va se poursuivre en 2011 et l'usine ne produit donc pas actuellement. Choren planifie aussi la construction de l'usine BtL Sigma, de capacité 200 Mio. t par an, pour une mise en activité prévue pour 2013. On notera que Choren est partenaire du projet Syndiese de Bure, piloté par le CEA.

On trouvera en Annexe 2 une description de ces installations et des procédés étudiés.

On notera également les soutiens importants de l'industrie automobile et surtout aéronautique à ces développements.

### **Les biocarburants troisième génération** (voir Annexe 3)

On est d'abord dans l'amélioration des procédés de fermentation et de méthanisation, avec en particulier des recherches correspondantes assez dispersées en biologie.

Ensuite, on essaie d'utiliser les algues pour produire de la biomasse. Un petit réacteur existe par exemple au KIT pour produire de la biomasse (algues riches en huile) à partir de CO<sub>2</sub>, dans un bain d'eau salée.

Un certain nombre de problèmes sont à l'étude comme le mode de récupération des algues (centrifugation, filtration et séchage), l'accélération de leur croissance, la protection vis-à-vis des bactéries, etc. On reste aujourd'hui encore assez loin de l'application industrielle. On trouvera en annexe 3 une description non exhaustive de quelques installations de recherche dans ce domaine.

### **Conclusion :**

L'utilisation de la biomasse à des fins énergétiques est un élément important de la politique énergétique Allemande. Ceci impose une implication de plus en plus grande du monde agricole et forestier et on notera par exemple que le congrès sur les BtL début décembre 2010, à Berlin, a été ouvert par Julia Klöckner, secrétaire d'Etat du Ministre fédéral de l'agriculture (BMELV).

La production par la biomasse de carburant et d'électricité est déjà une activité industrielle importante pour l'Allemagne. La production de BtL est un autre challenge. La recherche sur le BtL en Allemagne est très avancée, notamment dans la voie thermo-chimique. Elle s'appuie sur les développements menés en Allemagne depuis les années 1920 sur les technologies de transformation du charbon en carburant. Les développements réalisés au KIT ainsi que les mises au point en cours à Choren devraient permettre de voir couler les premières gouttes de BtL seconde génération vers 2012. Par ailleurs des études de production de biomasse par des algues (biocarburants troisième génération) sont en cours mais restent aujourd'hui encore assez loin de l'échelle industrielle.

Le bilan environnemental des biocarburants première génération reste sujet à controverse, car ils présentent un certain nombre de points faibles : un important besoin en surfaces cultivables nécessaires à la production de ressources végétales, pouvant entraîner en particulier la déforestation, la concurrence avec des cultures vivrières. De plus le bilan CO<sub>2</sub> final n'est pas excellent (voire négatif pour l'éthanol !). Dans ce contexte, les biocarburants de 2<sup>e</sup> voire de 3<sup>e</sup> génération ont davantage de chance de constituer une solution à grande échelle car ils sont plus prometteurs en matière de quantité potentielle de production et de bilan CO<sub>2</sub>, tout en permettant l'utilisation de déchets.

Selon le programme pour l'énergie et le climat, les biocarburants devraient représenter 20% des carburants en circulation en Allemagne en 2020. La consommation allemande de biocarburants

devrait alors passer de 2,2 millions de tonnes en 2005 (4,1% d'un total de 53 millions de tonnes de carburants consommés) à environ 11 millions en 2020<sup>6</sup>.

D'ores et déjà, les quantités de biomasse disponibles semblent insuffisantes par rapport à ces objectifs ambitieux du concept énergétique allemand surtout si l'on reste dans le cadre des bios carburants premières générations et des travaux de rationalisation et d'optimisation de leur disponibilité sont effectués.

L'introduction de réglementations assurant un soutien du gouvernement sûr et à long terme (au-delà de 2009) est de la plus haute importance pour l'industrie des biocarburants en général et pour les BtL en particulier. Notamment, la défiscalisation du BtL jusqu'à la fin de 2015 et au-delà selon les prix du pétrole, du charbon et du gaz naturel, est essentielle dans le soutien politique apporté aux biocarburants de deuxième génération. Cette défiscalisation devra être prolongée, dans la mesure où l'introduction du BtL sur le marché industriel Allemand ne peut pas être espérée avant 2012 au plus tôt.

Bonne lecture !

---

<sup>6</sup> Estimations du FNR

## Sommaire des annexes

Annexe 1 : Les biocarburants de première génération .....	6
a. Le marché du biodiesel.....	6
b. Le marché du bioéthanol .....	7
c. Le cadre politique allemand concernant les biocarburants .....	7
d. Inconvénients des biocarburants de 1 <sup>ère</sup> génération / polémiques :.....	9
Annexe 2 : Les biocarburants de deuxième génération .....	11
a. Présentation des carburants de deuxième génération .....	11
b. Biomasse et production .....	11
c. Recherche allemande sur les principales voies de conversion.....	12
d. L'Allemagne et les biocarburants de 2 <sup>ème</sup> génération : faisabilité d'une unité industrielle? .....	12
e. Législation et financement des BtL en Allemagne.....	13
f. Les acteurs des biocarburants de 2 <sup>ème</sup> génération .....	14
Annexe 3 : Les biocarburants de troisième génération .....	18
a. Présentation des biocarburants de 3 <sup>ème</sup> génération .....	18
b. Les microalgues : un matériel biologique de qualité au potentiel inexploité .....	18
c. Des avancées technologiques dans le domaine des photobioréacteurs .....	20
d. Les premières démonstrations industrielles .....	21
e. Une protection juridique encore floue .....	22
f. Un soutien encore dispersé .....	22
Annexe 4 : Contacts dans le domaine des biocarburants en Allemagne.....	23

Remarque: L'annexe 3 s'appuie sur un rapport "L'utilisation des microalgues pour la production de biocarburants en Allemagne", rédigé par J. Sialelli et S. Roy du service scientifique de l'ambassade de France à Berlin en juin 2010 suite à une mission d'experts.

## Annexe 1 : Les biocarburants de première génération

La 1<sup>ère</sup> génération de biocarburants est issue de **produits alimentaires** (blé, maïs, betteraves, colza) via des processus techniques simples. Les principales filières sont le **biodiesel** (produit à partir de l'estérification d'huiles végétales avec du méthanol ; marché principal en Europe) et le **bioéthanol** (produit par distillation du sucre issu de plantes ; marché au Brésil (canne à sucre), et aux USA (maïs)).

### a. Le marché du biodiesel

En Allemagne, le biodiesel ou EMHV<sup>7</sup> est aujourd'hui l'alternative la plus significative aux carburants fossiles. L'Allemagne est d'ailleurs de loin le **premier producteur européen de biodiesel**, couvrant à elle seul la moitié de la production totale de l'Union Européenne.

La **consommation** de biodiesel en Allemagne, en augmentation jusqu'en 2007 (**3,4 Mio. t<sup>8</sup>, 5,4%** de la consommation totale de carburants), **diminue depuis 2008 (2,7 Mio. t, 4,5 %)** pour atteindre **2.5 millions de tonnes en 2009, soit 5,5% de la consommation totale de carburants**. Ceci est dû principalement à une forte diminution de la consommation de biodiesel pur : 1,1 Mio. t en 2008, par rapport à 1,9 Mio. t en 2007. La tendance s'est confirmée en 2009 : avec 2,3 Mio. t, plus de 90 % du biodiesel a été consommé en mélange direct avec du diesel fossile (taux d'incorporation de 7% permis depuis 2009). En conséquence, une partie des 1.900 stations-services allemandes ont dû fermer.

La **production** de biodiesel en Allemagne est aussi en réduction constante : elle est passée de 2,89 Mio. t en 2007 à 2,5 Mio. t en 2009.

La **vente** de biodiesel aux véhicules particuliers est en baisse constante depuis 2005 : alors qu'en 2006 152.000 t ont été distribuées par des stations-services publiques à des véhicules de particuliers, en 2009 il n'y en avait plus que 5.000 t. Le biodiesel est surtout consommé par des possesseurs de véhicules utilitaires avec des stations-services privées. Environ 9% ou 223.000 Mio. t ont été livrées à ce groupe de clients - en 2007 ce chiffre s'élevait encore à 40%, soit 1,35 Mio. t.

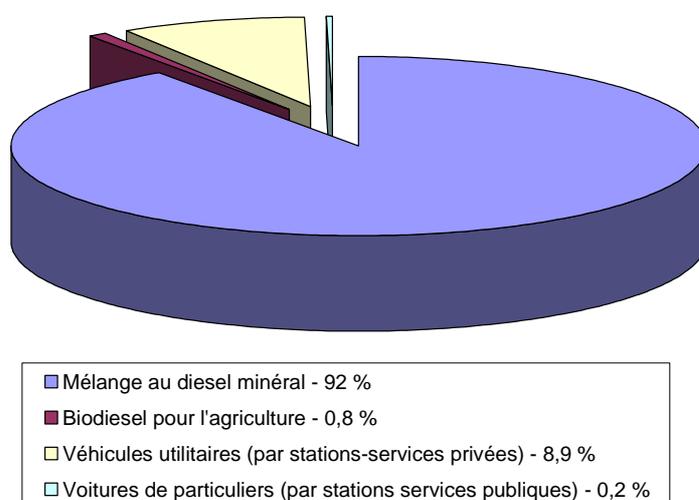


Figure 1.a : Consommation de biodiesel par groupes d'utilisateurs en 2009 (en tonnes), Source AGQM

Les principaux producteurs, EOP Biodiesel, Sauter / Mitteldeutsche UmesterungsWerke (MUW) et Campa Biodiesel comptent parmi les plus grands producteurs européens.

Avec 2.15 millions de tonnes, le biodiesel a couvert environ 7% de la consommation allemande de diesel en 2009, soit **une économie de 7 millions de tonnes de CO<sub>2</sub>**. A la fin de l'année 2009, les capacités de production s'élevaient à environ 5 millions de tonnes, soit le double par rapport à fin 2006. Les producteurs de biodiesel attendent des politiques un cadre réglementaire plus favorable au biodiesel qui permette d'**utiliser au maximum leurs capacités de production et de réduire ainsi de 70 % les émissions de CO<sub>2</sub>** par rapport au diésel.

<sup>7</sup> EMHV : ester méthylique d'huile végétale

<sup>8</sup> 1,8 millions de tonnes en 2005, 2,5 millions de tonnes en 2006 - sources FNR et FNL

**En Allemagne, le biodiesel est produit** essentiellement à partir d'huile de colza, **car les normes de carburation allemandes ne reconnaissent comme carburant parmi les esters méthyliques végétaux que ceux issus de cette plante. Il n'y a donc pas de production à partir de tournesol. La surface agricole consacrée au biodiesel a atteint 940.000 hectares en 2010.**

#### b. Le marché du bioéthanol

Le bioéthanol rencontre en Allemagne **moins de succès** car le parc automobile allemand roule majoritairement avec du diesel. Cependant, l'Allemagne compte **parmi les premiers producteurs de bioéthanol en Europe** ; elle était située à la première en place en 2006.

La **consommation de bioéthanol** en Allemagne est globalement croissante, pour atteindre 903.000 tonnes en 2009 (277.000 t de plus qu'en 2008), soit **1,1%** de la consommation totale en carburants. Plus de 98% est mélangée à l'essence automobile directement en raffinerie (limite de 5%). Une part de la consommation de bioéthanol est couverte par les importations en éthanol, à partir de pays européens.

L'éthyl-tertio-butyl-éther (**ETBE**) est un composé de bioéthanol (47%) et d'isobutène provenant du pétrole. L'ETBE peut remplacer l'additif antidétonant méthyl-tertio-butyl-éther (MTBE) et être mélangé à l'essence jusqu'à 15% ; il serait mieux adapté aux moteurs que le bioéthanol pur, néanmoins plus favorable à l'environnement : on trouve ainsi également du **E5** (mélange de 5% de bioéthanol et 95 % d'essence), **E10** et **E85** (taux d'incorporation de bioéthanol de 85%) en distribution en Allemagne.

Les véhicules à carburants flexibles (FFV : flexible fuels vehicles) sont des véhicules pouvant être alimentés avec une part d'éthanol allant jusqu'à 85%. Seul 1% de l'éthanol consommé en Allemagne (9.000 t) a été utilisé en 2009 comme carburant pur. **Plus de 250 stations-service** en Allemagne proposent de l'E85.

Les capacités de production en Allemagne pour la production de l'éthanol atteignent 1 Mio. m3, soit 850.000 t. La **production allemande de bioéthanol est en forte hausse** : environ 591.000 t ont été produites en 2009, soit 131.000 t de plus qu'en 2008.

Les principaux producteurs de bioéthanol sont **Verbio (Sauter), CropEnergies (Südzucker), fuel21(Nordzucker), Anklam Bioethanol und Prokon Nord Energiesysteme**. Les groupes Sauter (également producteur de biodiesel) et Südzucker sont leaders sur le marché européen.

Le bioéthanol **provient à 61% de céréales** (blé et seigle). Cela représentait 942.000 tonnes de céréales en 2008 (autant qu'en 2007), soit 1,9% de la production totale de céréales en Allemagne. La part de bioéthanol provenant de **la betterave à sucre** est en revanche passée de 8% en 2007 à 36% en 2008 : 164.000 tonnes en 2008 contre 24.000 tonnes en 2007, soit une **augmentation de 86%**. Les 3% restants proviennent des résidus de l'industrie agroalimentaire. La surface agricole consacrée au bioéthanol a représenté 250.000 hectares en 2009, valeur constante depuis 2007.

Dans son «plan énergie» présenté le 10 janvier 2007, la Commission européenne a réaffirmé son souhait de promotion des biocarburants, afin que ceux-ci représentent 10 % de la consommation totale de carburants en 2020 dans l'Union Européenne. Dans ce cadre, l'Allemagne avait prévu d'instaurer dès 2009 le nouveau carburant E10 (accepté seulement dans les véhicules adaptés), qui finalement, pour des raisons techniques, ne sera introduit dans les stations services publiques allemandes qu'en janvier 2011.

#### c. Le cadre politique allemand concernant les biocarburants

Le concept énergétique allemand d'octobre 2010 est fondé sur les éléments suivants :

- **Réduction de moitié de la consommation d'énergie allemande** qui passerait de 4.000 TWh aujourd'hui à 2.000 TWh en 2050.
- **Augmentation de la production d'énergies renouvelables** de 330 TWh aujourd'hui à 1.000 TWh en 2050, soit de **8% à 50% de la consommation** ;
- **Augmentation de l'énergie produite à partir de biomasse** de 250 TWh aujourd'hui à 600 TWh en 2050 ;
- **Production de carburants pour le transport routier essentiellement à partir de la biomasse**, ce qui impose de quadrupler la production de biocarburants d'ici à 2050 alors que la poursuite de la tendance actuelle permet seulement un doublement.

Par ailleurs, le développement du marché des biocarburants en Allemagne est lié à deux lois :

- La loi relative à la **taxe sur l'énergie** (Energiesteuerengesetz)
- La loi sur les **quotas de biocarburants** (Biokraftstoffquotengesetz)

La loi relative à la taxe sur l'énergie

Cette loi appliquée à partir du 01.08.2006 impose une **taxation sur le biodiesel pur** et l'huile végétale pure. La figure suivante (Fig.3) détaille l'augmentation progressive de cette taxe : 15ct € en 2008, 21ct € en 2009 jusque 45ct € en 2012. En octobre 2008, sous la pression des producteurs de biodiesel, le BMU a annoncé que la taxe serait de **18cts € au lieu de 21cts € en 2009**. En effet, depuis novembre 2008, le **prix du biodiesel pur est plus élevé que celui du diesel minéral**. Par conséquent, environ **un quart des 1.800 stations-service** proposant à l'origine du biodiesel ont décidé d'en arrêter la distribution<sup>9</sup>. La loi exempte de taxe jusqu'en 2015 les carburants contenant entre 70 et 90% de bioéthanol, **le bioéthanol "pur" E85 ne sera donc pas taxé jusqu'en 2015**.

Une disposition de la loi prévoit une **fiscalité spécifique pour les agriculteurs et forestiers** qui utilisent du biocarburant. Ces secteurs sont exemptés de taxe sur les biocarburants.

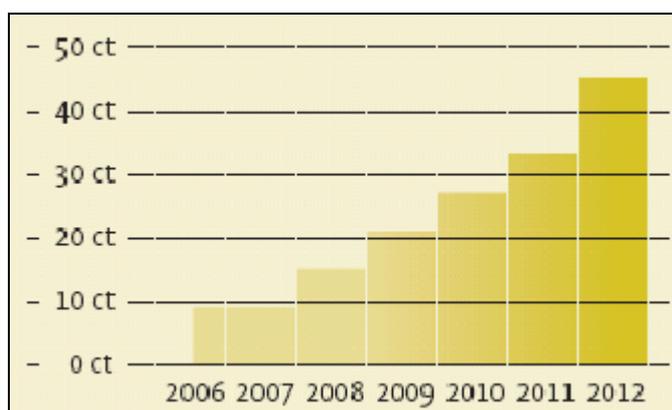


Figure 1.b : La loi relative à la taxe sur l'énergie - Source VDB

#### La loi sur les quotas de biocarburants

La politique d'incitation fiscale décrite ci-dessus a été complétée quelques mois plus tard par une **obligation de mélange** : chaque litre de diesel ou d'essence vendu doit contenir une quantité minimale de biocarburants définie. Les entreprises qui ne respecteront pas le taux global se verront infliger une **amende** de 50ct/l pour le biodiesel et de 80 ct/l pour le bioéthanol.

Les quotas d'incorporation sont imposés à trois niveaux : **deux quotas spécifiques** définis respectivement pour le biodiesel et le bioéthanol, et **un quota global** (cf. Tableau ci-dessous). Les entreprises sont libres, pour réaliser ces taux, de choisir le mélange qui leur convient, dès lors que tous les taux minimaux sont respectés. Début 2009, le **gouvernement allemand est revenu sur ces objectifs** et a proposé de repousser l'augmentation du taux global de biocarburants : il serait de 6,25% à partir de 2010 (au lieu de 2009) et le resterait jusqu'en 2014.

Année	Biodiesel	Bioéthanol	Taux global - Loi initiale	Taux global après
				amendement de la loi en 2009
2007	4,4%	1,2%	-	-
2008	4,4%	2,0%	-	-
2009	4,4%	2,8%	6,25	5,25
2010	4,4%	3,6%	6,75	6,25
2011	*	*	7	6,25
2012	*	*	7,25	6,25
2013	*	*	7,5	6,25
2014	*	*	7,75	6,25
2015	4,4%	3,6%	8	6,25

Tableau 1.a : Loi sur les quotas de biocarburants (% de la teneur énergétique) ; \* avec une augmentation progressive entre 2011 et 2015 - Source VDB

#### Tarifs d'achat garantis de la biomasse (en cts/kWh)

<sup>9</sup> Source : [www.autoservicepraxis.de](http://www.autoservicepraxis.de)

Tarif de base	EEG 2009	EEG 2004	EEG 2000
jusqu'à 150 kWel	11,67	11,5	10,23
entre 150 et 500 kWel	9,18	9,9	10,23
entre 500 kWel et 5 MWel	8,25	8,9	9,21
plus de 20 MWel	7,79	8,4	8,7

#### **Bonus Nawaro**

(pour l'utilisation de matière renouvelable pure, ne s'applique pas lorsque le combustible est constitué également de déchets)

##### Jusqu'à 150 kWel

biomasse	6	6	-
biogaz	7	6	-
biogaz (avec minimum 30% de purin)	4	-	-
biogaz (utilisation de plantes spécifiques)	2	-	-

##### Entre 150 et 500 kWel

biomasse solide	6	6	-
biomasse liquide	0	6	-
biogaz	7	6	-
biogaz (avec minimum 30% de purin)	1	-	-
biogaz (utilisation de plantes spécifiques)	2	-	-

##### Jusqu'à 5MWel

biomasse solide	4	4	-
biomasse liquide	0	4	-
biogaz	4	4	-
combustion de bois	2,5	2,5	-

bonus technologie innovante	2	2	-
bonus cogénération	3	2	-
dégression annuelle (dès 2010, 2005 ou 2002)	1%	1,50%	1%

#### d. Inconvénients des biocarburants de 1<sup>ère</sup> génération / polémiques :

Les filières de biocarburant de première génération sont l'objet de fortes polémiques :

- **Bilan environnemental** médiocre car la production agricole intensive entraîne l'augmentation de la **pollution des eaux** (pesticides, engrais), la pression sur les terres arables (**déforestation, mise en culture du désert**) et donc la **réduction de la biodiversité** ;
- Bilan socio-économique dangereux car les productions agricoles à vocation énergétique entrent directement en compétition avec l'industrie **agroalimentaire** pour l'utilisation du sol, d'où une **compromission de la sécurité de l'approvisionnement alimentaire** ;
- Rendement énergétique et bilan CO<sub>2</sub> discutables (transport, fabrication des pesticides et des engrais) ;
- **Utilisation limitée à un nombre restreint de véhicules** (non adaptés aux **exigences des moteurs** de tous les véhicules actuels). **Taux de substitution du pétrole transport** limité (< 20%).

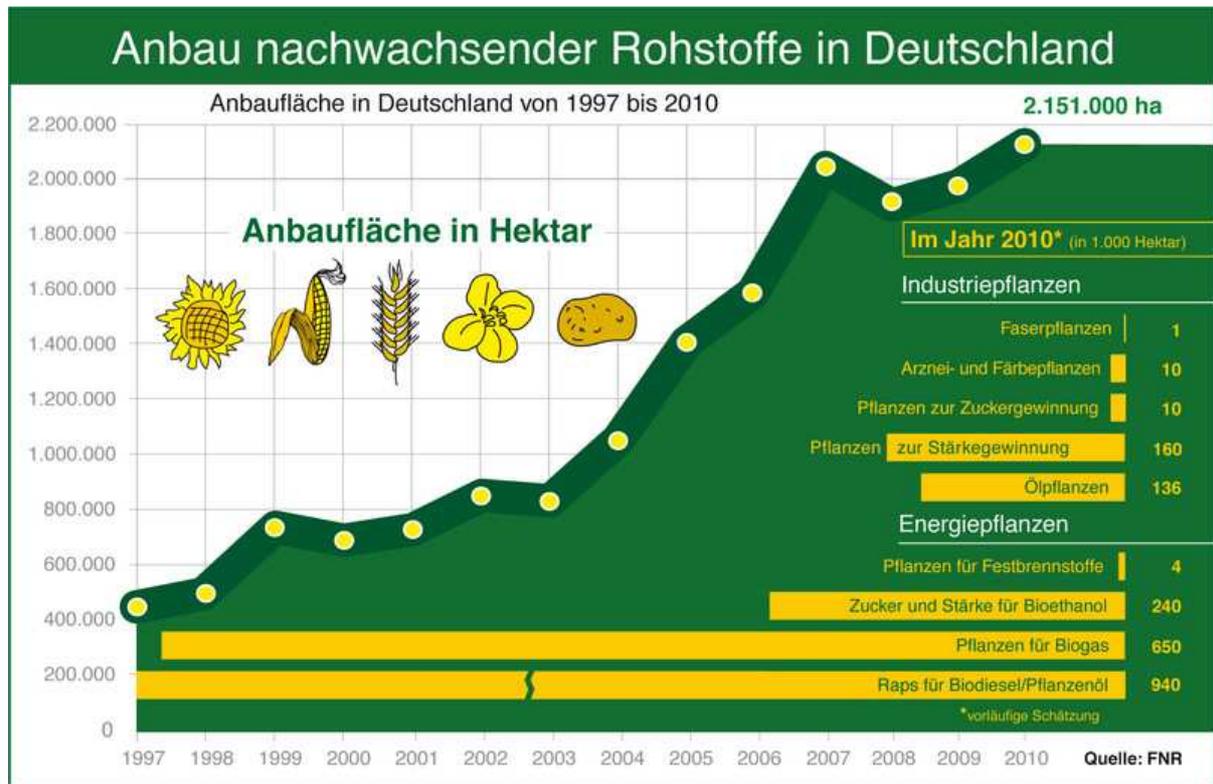


Tableau 1.b : Utilisation des sols liée aux biocarburants en 2010 en Allemagne - source FNR

L'Allemagne renonce donc progressivement au développement massif des biocarburants de première génération. Afin de respecter ses engagements en termes de protection de l'environnement et du climat, elle se tourne davantage vers les biocarburants de 2<sup>ème</sup> et 3<sup>ème</sup> génération.

## Annexe 2 : Les biocarburants de deuxième génération

### a. Présentation des carburants de deuxième génération

L'Allemagne se distingue par le niveau de recherche qu'elle mène sur les **biocarburants de deuxième génération**. Ces technologies valorisent la **biomasse lignocellulosique**<sup>10</sup> d'origine forestière et agricole (bois, paille, déchets végétaux), et présentent des avantages incontestables par rapport aux biocarburants de première génération :

- **Dissociation des cultures agroalimentaires et énergétiques** car production à base de végétaux non comestibles ou de déchets ;
- **Meilleur bilan écologique** : consommation en eau et engrais limitée, d'où réduction de la **pollution des sols**, de l'**impact carbone** (bilan CO<sub>2</sub> nettement meilleur<sup>11</sup>) et de la **mobilisation de terres**<sup>12</sup>.
- **Rendement énergétique supérieur** : un hectare de surface permet de produire 4.000 L de **BtL** (Biomass to Liquid), contre seulement 1.550 L de biodiesel et 2.550 L de bioéthanol ;
- Adaptation des carburants BtL aux **exigences des moteurs** : ils conviennent donc mieux aux générations de moteurs actuelles et futures.

Néanmoins les carburants de 2<sup>ème</sup> génération présentent des risques, dont une menace de l'équilibre environnemental à cause d'un possible recours aux **OGM pour augmenter la quantité de biomasse disponible** (comme pour d'autres productions agricoles intensives). Une mutation de ces espèces végétales, déjà très résistantes et vivaces, pourrait en faire des **espèces invasives difficilement contrôlables**.

### b. Biomasse et production

La biomasse appropriée à la production de carburants BtL est fournie principalement par le **bois** (cultures de bois, bois industriel, résidus), des rebuts de **foin**, certains types de **biomasse animale** et des **cultures énergétiques** ; en effet, certains produits de ces cultures sont à présent cultivés et récoltés uniquement à des fins énergétiques avec des méthodes non plus sylvicoles mais agricoles.

Les cultures énergétiques particulièrement appropriées sont celles d'**arbres à croissance rapide** (taillis à courte rotation, TCR), de **céréales fourragères** (triticale<sup>13</sup>) et d'**herbe de miscanthus**<sup>14</sup>. Le principe consiste à cultiver des variétés de plantes à fort taux de matière sèche qui se régénèrent rapidement et sont récoltées tous les 2 à 3 ans<sup>15</sup>.

Pour ces types de biomasse, le potentiel technologique actuel en Allemagne oscille entre **40 et 70 Mio. t de matière sèche par an**, provenant de déchets et de détritiques (principalement bois et paille), équivalent à une fourchette de 719 à 1219 PJ. Avec ces substances organiques sèches, ce sont **jusqu'à 15 Mio. t de BtL** qui pourraient être produites chaque année<sup>16</sup>, soit environ **22% de la consommation de carburant actuelle en Allemagne**, en se basant sur la valeur énergétique<sup>17</sup>.

	Millions de tonnes de matière sèche produite par an [mtDM/a]	Conversion en énergie [PJ/a]
<b>Bois</b> (culture, bois industriel, résidus)	23,4 – 24,7	432 - 458
<b>Paille</b> (résidus)	11,5 – 19,2	199 - 331
<b>Biomasse d'origine animale</b>	1,0	14
<b>Cultures énergétiques</b> (arbres à croissance rapide, triticale, miscanthus)	3,9 – 23,6	71 - 416
<b>Total</b>	39,8 – 68,5	719 - 1219

<sup>10</sup> Lignocellulose des plantes, constituant principal de la paroi de tout végétal

<sup>11</sup> Le potentiel du **BtL (Biomass to Liquid)** de réduire les émissions de CO<sub>2</sub> par rapport au diesel fossile est environ 2 fois plus élevé que le potentiel du biodiesel de 1ère génération (cf. DENA). En particulier la biomasse non utilisée produit du **méthane**.

<sup>12</sup> 1L de BtL nécessitera 1/3 du terrain nécessaire pour obtenir 1L de biodiesel à partir d'huile de colza - Source : biofuel review

<sup>13</sup> **Triticale**: hybride artificiel entre le blé et le seigle, surtout cultivé comme céréale fourragère

<sup>14</sup> **Miscanthus** ou "**herbe à éléphant**" : caractérisée par sa croissance rapide, sa faible teneur en minéraux, sa capacité à pousser sur un sol pollué et son rendement élevé

<sup>15</sup> En comparaison au bois récolté en moyenne tous les 40 ans

<sup>16</sup> En choisissant une efficacité de production de BtL de 42%

<sup>17</sup> Voir [http://www.dena.de/fileadmin/user\\_upload/Download/Dokumente/Publikationen/mobilitaet/btl\\_implementation\\_report.pdf](http://www.dena.de/fileadmin/user_upload/Download/Dokumente/Publikationen/mobilitaet/btl_implementation_report.pdf)

Tableau 2.a : Potentiel technique de biomasse pour la production de BtL en Allemagne - Source DenA

Le coût actuel de production de biomasse dépend grandement de la biomasse considérée, et varie entre **21€ à 180€ par tonne de matière sèche**(1,2 à 9,7 € / GJ en se basant sur la valeur calorifique la plus faible), même s'il dépasse rarement 60€ par tonne<sup>18</sup>.

	Culture de bois	Rebus de paille	Courte rotation	Triticales (plantes entières)	Miscanthus	Matière humide (matière compacte)
[€/tFM]	15-75 (30% H2O)	46-54 (15% H2O)	29-74 (30% H2O)	99-109 (15% H2O)	62 (15% H2O)	135-162 (10% H2O)
[€/tDM]	21-107	54-63	41-105	117-128	73	150-180

Tableau 2.b : Prix (résidus de bois) et coût de production (biomasse restante)<sup>19</sup> pour la biomasse fraîche (FM) et la matière sèche (DM) (Publié en 2006) - Source DENA

### c. Recherche allemande sur les principales voies de conversion

Deux principales voies de conversion de la biomasse lignocellulosique en carburant font aujourd'hui l'objet d'efforts importants en termes de recherche et développement :

- **Voie biochimique** : des enzymes transforment la biomasse lignocellulosique en sucre, converti ensuite en éthanol par **fermentation**. Avantages : Economie en énergie, production d'un bioéthanol qui se substituerait à l'essence; Inconvénient : Coût élevé de l'hydrolyse enzymatique.
- **Voie thermochimique** : elle comporte 3 technologies pour convertir la biomasse : **pyrolyse**<sup>20</sup>, **gazéification**<sup>21</sup> et **liquéfaction hydrothermale**<sup>22</sup>. Avantages : Transformation rapide de la biomasse en gaz, sans étape de fermentation ; Inconvénient : nécessite une importante production de chaleur, qui diminue le bilan énergétique du procédé. Le procédé de gazéification de la biomasse peut être envisagé en vue de diverses applications **carburants** (Diesel-FT, DME, Méthanol, Ethanol, SNG) et **énergétiques** (chaleur et électricité).

**L'Allemagne focalise ses recherches sur la voie thermochimique** et s'y distingue particulièrement. Les unités de production de **méthanol carburant** sont aujourd'hui largement implantées, mais les unités commerciales fonctionnent majoritairement à partir de gaz naturel fossile<sup>23</sup>

### d. L'Allemagne et les biocarburants de 2<sup>ème</sup> génération : faisabilité d'une unité industrielle?

L'Agence allemande de l'énergie (DENA) a publié fin 2006 les résultats d'une étude menée avec des industriels, centres de recherche et constructeurs automobiles<sup>24</sup>, et portant sur la **faisabilité d'une unité industrielle de BtL**<sup>25</sup>. Cette étude, selon laquelle **le BtL pourrait couvrir 35% des besoins en carburants d'ici 2030**, doit permettre de définir la stratégie allemande de développement des biocarburants, ainsi que les instruments politiques nécessaires à sa mise en œuvre. En voici les principaux résultats :

- Plusieurs technologies convenables pour des **applications industrielles futures** sont actuellement développées ou mises en application en Allemagne. Tous les procédés examinés apparaissent pertinents sur le principe, ainsi que **réalisables techniquement**<sup>26</sup>, sans qu'aucune technologie n'ait été privilégiée pour le moment. Lors d'une prochaine étape, **la faisabilité des diverses options technologiques** doit être prouvée.
- La chaîne de production dans son ensemble est très complexe et sophistiquée, et seule une **R&D continue** peut assurer une **optimisation potentielle réaliste** et la **réduction des risques résiduels**.

<sup>18</sup> Ce calcul de coût prend en compte l'entreposage près du champ ou la forêt (au maximum à 10km de la source).

<sup>19</sup> Les coûts de transport vers des usines de conversion ne sont pas considérés.

<sup>20</sup> **Pyrolyse** : étape d'homogénéisation et donc de préconditionnement de la biomasse. Sous l'action de la chaleur, ses constituants (composés lignocellulosiques hétérogènes et difficiles à utiliser ou transporter) sont convertis en **intermédiaires énergétiques** solides (charbon végétal) ou liquides (huiles), **homogènes et transportables**.

<sup>21</sup> **Gazéification** : production d'un gaz de synthèse (H<sub>2</sub>, CO, CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O) suite à un prétraitement (pyrolyse).

<sup>22</sup> La **liquéfaction hydrothermale** transforme dans un premier temps la biomasse en un **biobrut** (biocrude), duquel pourrait être extraite une fraction légère qui permettrait d'obtenir un gazole suite à une réaction d'hydrodésoxygénation.

<sup>23</sup> "Les unités pilotes de biocarburants de deuxième génération dans le monde" : <http://www.ifp.fr/information-publications/notes-de-synthese-panorama/panorama-2008/les-unites-pilotes-de-biocarburants-de-deuxieme-generation-dans-le-monde>

<sup>24</sup> Participants de l'étude : VDA, Aral, BP, Total, Lurgi, BASF, Choren, FNR. Soutiens : BMELV, BMVBS, BMU

<sup>25</sup> Voir [http://www.dena.de/fileadmin/user\\_upload/Download/Dokumente/Publikationen/mobilitaet/btl\\_implementation\\_report.pdf](http://www.dena.de/fileadmin/user_upload/Download/Dokumente/Publikationen/mobilitaet/btl_implementation_report.pdf)

<sup>26</sup> La plupart des sous-procédés sont déjà utilisés actuellement dans une production industrielle.

- L'intégration de la production de BtL sur des **sites de raffineries ou usines chimiques** déjà existantes permettrait d'éviter des **risques résiduels** relatifs à chacune des **technologies prise individuellement** et de créer de nombreuses synergies.
- Les développements technologiques actuels permettent la mise en opération des **premières usines de production de BtL à grande échelle**, ce qui est de première importance dans le **maintien et l'extension du leadership technologique allemand** dans ce secteur.
- Le procédé BtL devrait pouvoir devenir **commercialisable**, mais n'a pas encore atteint la **maturité de marché**.
- Selon le rapport de la DENA, le coût de production des BtL à la sortie de la raffinerie pourrait tomber **sous les 0,80 €/L en optimisant la technologie et en réduisant les coûts de biomasse**. Cela signifie que le BtL peut devenir à court terme **compétitif avec les biocarburants de 1<sup>ère</sup> génération**.
- Pour les **investisseurs** cependant, les risques demeurent élevés : les investissements sont importants et le temps de retour à la rentabilité long (10 ans au mieux). Ainsi, le **financement de projet** avec un **risque réparti entre les investisseurs privés et l'Etat** demeure le meilleur mécanisme de financement.

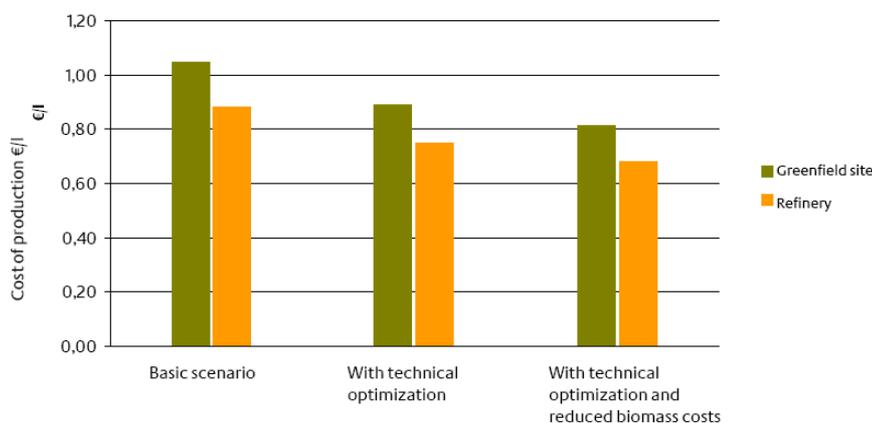


Figure 2.a : Coûts de production du BtL<sup>27</sup>, en 2010, estimés à partir des chiffres de 2006, dans un scénario de base (technologies actuelles avec optimisation supplémentaire) et dans un scénario considérant un potentiel d'optimisation identifié comme réaliste - Source DENA

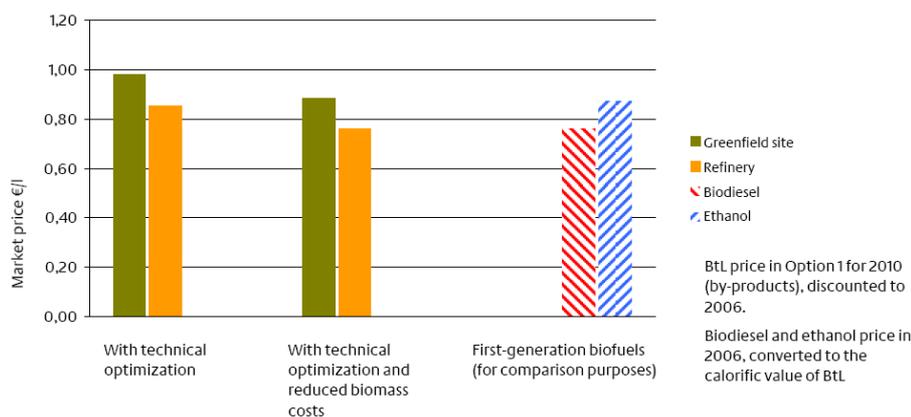


Figure 2.b : Prix de marché des BtL, en comparaison avec le biodiesel et l'éthanol<sup>28</sup> - Source DENA

## e. Législation et financement des BtL en Allemagne

<sup>27</sup> Pour l'option technologique 1: Gazéification par entraînement de flux direct

<sup>28</sup> Prix de biodiesel: moyenne réalisée entre 07/2005 et 06/2006, données de l'Association pour la Promotion des plantes oléagineuses et porteuses de protéines (UFOP). Prix de l'éthanol: moyenne réalisée entre 07/2005 et 06/2006, F.O. Licht's European Ethanol Price Report

L'introduction de **réglementations** assurant un **soutien sûr et à long terme de la part du gouvernement au-delà de 2009**<sup>29</sup> est de la plus haute importance pour l'industrie des biocarburants en général et pour les BtL en particulier. Une **défiscalisation sur les carburants BtL jusqu'à 2015** est désormais légiférée dans la **loi relative à la taxe sur l'énergie**. Cependant **l'introduction à grande échelle du BtL sur le marché** ne peut pas être attendue avant **2012 au plus tôt**. Le secteur compte donc sur un prolongement de cette défiscalisation du BtL au-delà de 2015.

#### f. Les acteurs des biocarburants de 2ème génération

##### Soutien fédéral à la recherche et au développement de projets

Le **Centre allemand de recherche sur la biomasse (DBFZ)** a été créé en 2008. Les projets de R&D menés au sein du DBFZ concernent en particulier **l'utilisation énergétique** de la biomasse, dans le cadre d'une recherche fondamentale orientée vers les applications industrielles. Ainsi le DBFZ se penche sur les aspects techniques, écologiques, énergétiques et microéconomiques de la chaîne d'exploitation de la biomasse. En vue d'une production durable, le DBFZ doit valoriser des procédés déjà disponibles ou en plein développement pour la conversion de la biomasse et contribuer de façon importante à la poursuite de leur développement. Dans ce cadre, des questions concernant l'amélioration de l'efficacité énergétique, l'optimisation de la chaîne logistique ou la réduction des émissions sont également étudiées. Entre 2009 et 2011, environ **15,9 Mo. €** seront mis à disposition de la première opération pour l'aménagement du DBFZ<sup>30</sup>.

Le DBFZ travaille depuis 2009 sur un projet **"Mobile avec du biométhane"**, dans le cadre duquel il est prévu de tester l'instauration du biométhane comme carburant dans les véhicules des particuliers (en complément ou remplacement du gaz naturel), d'accompagner le procédé et de l'évaluer par des mesures techniques. Ainsi, un réseau de recherche constitué de partenaires des industries du biométhane et du gaz et de l'industrie automobile pourrait être initié sous le pilotage du DBFZ.

Par ailleurs, un **cluster d'excellence "Tailor-Made from Biomass Fuels" (TMFB)** a été fondé par **l'Université technique de Rhénanie Westphalie (RWTH)** d'Aix-la-Chapelle en novembre 2007, dans le cadre de l'Initiative d'excellence pour la promotion de la science et de la recherche des universités allemandes créée par l'Etat fédéral et les Länder. Ce cluster adopte une approche interdisciplinaire, avec pour objectif principal **l'optimisation des processus de synthèse**, afin de chercher de nouveaux carburants de synthèse basés sur la biomasse, de vérifier leur potentiel sur les technologies de combustion modernes, tout en réduisant la dépendance aux combustibles fossiles.

Dans le cadre de l'Initiative nationale de lutte contre le changement climatique, le BMU a lancé le programme **"Soutien de la recherche et développement pour une optimisation efficace de l'utilisation énergétique de la biomasse"**<sup>31</sup>. Le soutien concerne notamment les études et projets pilotes et de démonstration dans les 7 thématiques suivantes : traitement des déchets, projets internationaux de coopération, gazéification de la biomasse, stratégie pour le biométhane, stratégie pour la bioénergie, bioénergie régionale, développement stratégique de la biomasse. Le DBFZ est responsable de l'accompagnement scientifique des projets dans le cadre du programme de soutien. Le porteur de projet de Jülich (PtJ) est chargé de la coordination technique et administrative.

##### Projets d'installations pilotes<sup>32</sup>

L'Allemagne est aujourd'hui leader dans la recherche sur les biocarburants de 2<sup>ème</sup> génération et plusieurs **projets d'installations pilotes**, réunissant **industriels, centres de recherche et constructeurs automobiles** (BMW, Daimler, Volkswagen), sont en cours. L'Allemagne focalise ses recherches sur la **voie thermochimique**. Les unités pilotes de production de **méthanol carburant** sont aujourd'hui largement implantées, mais les unités commerciales fonctionnent en grande majorité à partir de gaz naturel fossile. Certains projets d'unités pilotes de production ont d'ores et déjà abouti à une **implantation d'installations** sur le sol allemand pour la production **industrielle** de biocarburants de seconde génération :

<sup>29</sup> Soutien public pour l'introduction d'un mélange obligatoire de biocarburants avec les carburants fossiles, la sauvegarde de la compétitivité de la production domestique lors d'accords commerciaux internationaux et l'extension des activités de R&D dans le domaine du BtL

<sup>30</sup> 13,9 Mo. € du Ministère fédéral du transport, de la construction et du développement urbain (BMVBS) dans le cadre du deuxième paquet du plan de relance et 2 Mo. € du Ministère de l'environnement et de l'agriculture du Land de Saxe

<sup>31</sup> Informations supplémentaires sur le programme de soutien du BMU pour l'optimisation de l'utilisation énergétique de la biomasse" (en allemand) : <http://www.energetische-biomassenutzung.de/>

<sup>32</sup> Pour toute cette partie, voir document de l'ADEME : feuille de route biocarburants de 2eme génération, juillet 2009 : <http://www2.ademe.fr/servlet/getBin?name=FB754F4DB586DC804F18FD404A90FA091252319189327.pdf>

- **Karlsruhe Institute of Technology (KIT)** (Helmholtz) :

Le concept "**bioliq**" consiste à collecter la biomasse disponible dans un rayon maximal de 50 km (densité énergétique d'environ 2 GJ/m<sup>3</sup>) et de la transformer après séchage, par une opération de pyrolyse rapide, en un intermédiaire énergétique, le **slurry**<sup>33</sup>, à haute densité énergétique (environ 20 GJ/m<sup>3</sup>), facilement transportable et stockable. Ce slurry peut alors être amené à une usine de raffinage plus lointaine, pour production de gaz et de BtL.

- **Bioliq 1** : réalisation en 2008 d'un **réacteur pilote de recherche**, exploitant le procédé de **pyrolyse rapide** pour produire le **slurry** à partir de **paille**. Après quelques problèmes de mise au point, bioliq 1 fonctionne maintenant de manière convenable et la dernière campagne de deux semaines à l'automne 2010 a été un succès.

- **Bioliq 2** : accueil en **2011** (construction en cours) d'une **unité pilote de gazéification thermochimique** de taille industrielle, pour transformer le slurry obtenu en gaz de synthèse. Capacité thermique prévue de **5 MW**.

- **Bioliq 3 et 4** : unité pilote de **purification du gaz et synthèse du méthanol, en cours de construction (2011)**.

Toutes ces installations s'appuient sur des unités pilotes destinées à développer les procédés. En particulier l'installation REGA travaille sur la purification du gaz.

Participation d'industriels : société d'ingénierie **Lurgi** (filiale d'Air Liquide) pour la pyrolyse et la gazéification. Financement de **24,85 millions d'euros**: 50% Agence allemande pour les matières premières renouvelables (**FNR**) ; 25% Lurgi ; 25% KIT.

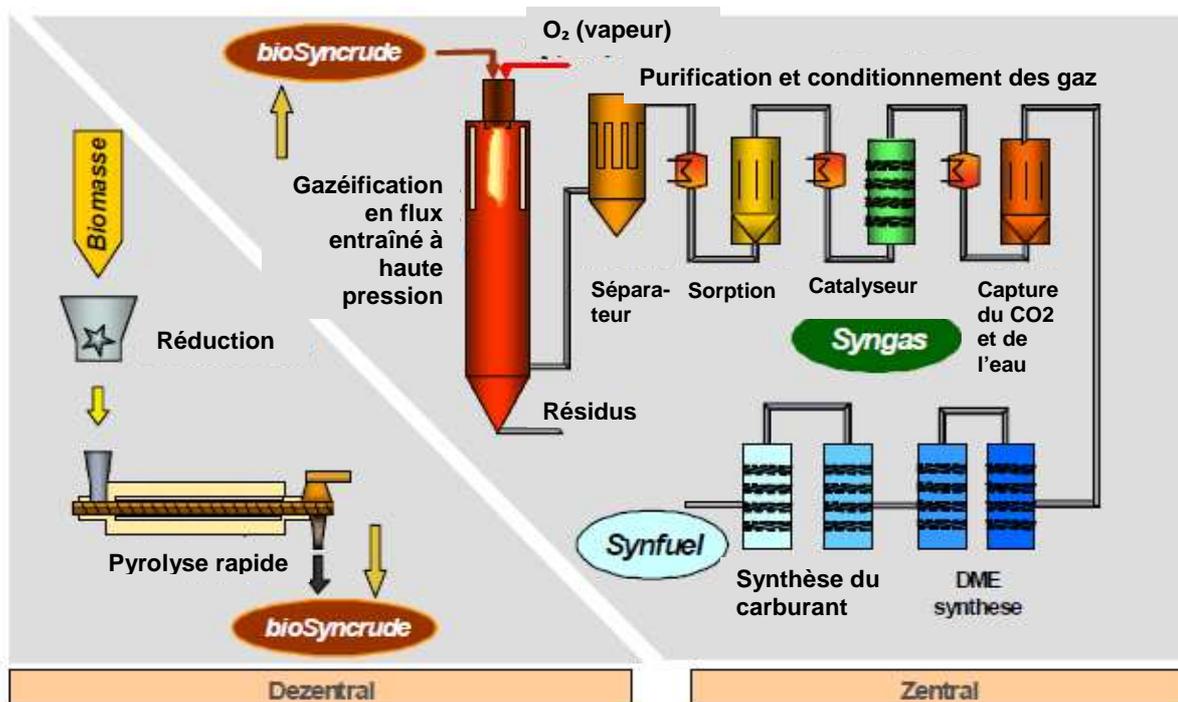


Figure 2.c : procédé bioliq - Source KIT

	Etape 1	Etape 2	Etape 3	Etape 4
<b>Procédé</b>	Pyrolyse rapide	Gazéification en flux entraîné à haute pression	Purification du gaz + Synthèse I	Synthèse II
<b>Produit</b>	BioSynCrude	Gaz de synthèse	DME	Carburant de synthèse
<b>Capacité</b>	2 MW (500 kg/h)	5 MW (1 t/h)	150 kg/h	100 L/h
<b>Réalisation</b>	2008	2011	2011	2011
<b>Partenaire</b>	Lurgi GmbH	Lurgi GmbH	Construction d'installations chimiques de Chemnitz (CAC)	

<sup>33</sup> **Slurry / bioliqSynCrude** : fluide intermédiaire transportable et à haute teneur énergétique. Capacité de production d'1 t slurry/heure

Tableau 2.c : Synthèse des différentes étapes du projet pilote bioliq - Source KIT

Le KIT possède aussi une installation de **gazéification supercritique**, **VERENA**<sup>34</sup>. Elle produit en moyenne 100 kg/h (max 20% de masse sèche), sous une pression allant jusqu'à 35 MPa et à une température maximale de 700°C. Elle produit directement du méthane et de l'hydrogène, sans ajout de catalyseur, avec un rendement thermique théorique de 80%.

- **Entreprise Choren GmbH** (filiale de Shell):

Le projet de Choren consiste en la **gazéification** (gazéificateur Carbo-V) de la biomasse (**bois et résidus forestiers**), suivie de la **purification** et de la **compression du gaz**, avant une synthèse exploitant le procédé **"Fischer-Tropsch"**<sup>35</sup> pour produire du BtL. Ce projet est développé en 3 étapes:

- **Alpha** : Première **installation pilote** prototype créée en 2003 produisant quelques centaines de litres de carburant par jour, exploitant le principe de **gazéification du bois**.

- **Beta** : **Pilote industriel** de production commerciale de BtL, exploitant le procédé **"Fischer-Tropsch" (FT)** inauguré en avril 2008 à **Freiberg**, entré en production en 2009, puis arrêté rapidement pour des tests et mises en point qui vont se poursuivre en 2011 (pas de production actuellement). Production de biodiesel prévue : 18 millions de litres /an, pour une capacité de 45 MW.

- **Sigma** : **Installation commerciale**, caractérisée par des dimensions et une production supérieures (200 Mio. tonnes /an), en construction, programmée pour **2013**, à **Lubmin** (Nord-Est).

Partenaire industriel : **Shell**, pour intégrer la technologie FT la plus récente : le procédé SMDS (Shell Middle Distillate Synthesis).

- **Société Lurgi** : Projet pilote de production de BtL basé sur le procédé **«Methanol-to-Synfuels» (MtS)**<sup>36</sup> lancé en 2008, qui convertit le **méthanol** obtenu à partir de biomasse en diesel et en essence de synthèse. Installation en construction à **Wolfsbourg** (Basse-Saxe), série de tests jusqu'en 2011. Partenaires industriels : entreprise **Süd-Chemie AG** (catalyse), groupe automobile **Volkswagen AG** (rentabilité économique, réduction des émissions de CO<sub>2</sub>). Soutien de la **FNR** : **4,5 Mio. €**.

- Dans le cadre du **projet européen RENEW**<sup>37</sup>, divers sous-projets sont menés concernant l'optimisation et l'analyse du procédé de production de carburant, ainsi que les voies de production pour les biocarburants d'origine lignocellulosique. Notamment, l'Université de **Freiberg** et l'**Institut pour l'Ingénierie des procédés énergétiques et chimiques (IEC)**, en partenariat avec **Total et Volkswagen**, travaillent sur un pilote de petite taille.

- Dans le cadre du **procédé ARTFUEL**, l'**Institut de techniques environnementales de Clausthal GmbH (CUTEC)** mène des recherches sur la synthèse de carburants synthétiques à partir de matériaux bruts renouvelables, en coopération avec les Länder du **Brandebourg**, de **Basse-Saxe** et de **Hesse** ainsi qu'avec l'entreprise automobile **Volkswagen**. Une installation pilote est en cours de construction à Clausthal pour les projets ARTFUEL et RENEW. Dans cette usine, le carburant sera synthétisé grâce à une chaîne de procédés qui comprend plusieurs unités de traitement : **réacteur à lit fluidisé circulant de 0,4 MWth, purification des gaz et synthèse Fischer Tropsch**<sup>38</sup>.

- L'**Institut pour l'Ingénierie des procédés énergétiques et chimiques IEC** apporte son soutien à d'importants projets d'unités de production de **biométhanol**.

#### Projets de recherche fondamentale

D'autres projets sont encore à l'état de recherche pure et n'impliquent pas encore les industriels. Notamment, une équipe de scientifiques de l'**Institut Max Planck de recherche sur le carbone (MPI-KoFo)** de **Mühlheim-sur-la-Ruhr** a mis au point en septembre 2008 une nouvelle méthode permettant de découper relativement facilement la cellulose en ses éléments constitutifs, des sucres. Cette méthode pourrait ouvrir la

<sup>34</sup> Informations supplémentaires sur VERENA : [http://www.itc-cpv.kit.edu/downloads/boukis-flyer-verena.pdf?bcsi\\_scan\\_96404f7f6439614d=0&bcsi\\_scan\\_filename=boukis-flyer-verena.pdf](http://www.itc-cpv.kit.edu/downloads/boukis-flyer-verena.pdf?bcsi_scan_96404f7f6439614d=0&bcsi_scan_filename=boukis-flyer-verena.pdf)

<sup>35</sup> **Procédé Fischer-Tropsch** : transformation catalytique d'un gaz de synthèse (H<sub>2</sub>, CO) en carburant liquide synthétique.

<sup>36</sup> Dernière étape pour la synthèse de BtL, le **procédé MtS** se couple à tout procédé capable de produire du méthanol à partir de biomasse, pour le convertir en **pétrole ou diesel** (exemple : procédé bioliq du KIT)

<sup>37</sup> Voir site internet RENEW [http://www.renew-fuel.com/fs\\_project\\_results.php](http://www.renew-fuel.com/fs_project_results.php)

<sup>38</sup> Voir [http://www.cutec.de/news/2004/englisch/news\\_august2004.pdf](http://www.cutec.de/news/2004/englisch/news_august2004.pdf)

porte à la production de matières premières et de biocarburants à partir de biomasse issue de bois ou de déchets végétaux<sup>39</sup>.

#### Projets de recherche impliquant des industriels et constructeurs automobiles

Enfin, les industriels et constructeurs automobiles s'associent également dans des projets de recherche sur les biocarburants de deuxième génération :

- **Transport Energy Strategy (TES)** est une initiative lancée par les **constructeurs automobiles BMW, DaimlerChrysler, General Motors Europe (Opel), MAN et Volkswagen et les fournisseurs d'énergie ARAL, BP, RWE, Shell et Total**, financée par le gouvernement fédéral allemand, le Ministère fédéral des transports, de la construction et du développement urbain (**BMVBS**) jouant le rôle de coordinateur central. La TES a pour objectif de développer et de mettre en oeuvre une stratégie pour l'introduction à moyen terme d'un **marché national de carburant alternatif pour le transport**. Elle a publié en août 2007 un rapport, indiquant notamment son intention de soutenir financièrement les activités de la plateforme technologique dans le domaine des biocarburants, en particulier de deuxième génération, et d'instaurer un carnet de route afin que les objectifs de l'UE pour les biocarburants puissent être atteints en Allemagne<sup>40</sup>.

- **BP (Aral)** effectue des recherches en matière de production de **biobutanol synthétique** dans son centre de recherche de **Bochum**.<sup>41</sup>

- Le groupe laitier allemand **Müllermilch** se lance dans la production de bioéthanol à partir de résidus du lait<sup>42</sup>. Le groupe a investi 20 millions d'euros pour développer un procédé qui permettra de produire de l'éthanol à partir **du petit-lait (ou lactosérum)**, sous-produit obtenu lors de la fabrication du fromage. L'entreprise espère produire d'ici 2008 dix millions de litres de bioéthanol "laitier", dans une usine construite à cet effet à Leppersdorf, près de Dresde<sup>43</sup>.

---

<sup>39</sup> "Passer de la cellulose à des petites molécules de sucre" – BE Allemagne 405 - 01/10/2008 - <http://www.bulletins-electroniques.com/actualites/056/56129.htm>

<sup>40</sup> Voir rapport Interim août 2007 : [http://www.bmvbs.de/Anlage/original\\_1049757/2007-interim-report-long-version.pdf](http://www.bmvbs.de/Anlage/original_1049757/2007-interim-report-long-version.pdf)

<sup>41</sup> Voir [http://www.goehler.de/download/2008-01-09normalbenzin\\_geht.pdf](http://www.goehler.de/download/2008-01-09normalbenzin_geht.pdf)

<sup>42</sup> Voir le document "Les unités pilotes de biocarburants de deuxième génération dans le monde" à télécharger sur le site internet de l'IFP : <http://www.ifp.fr/information-publications/notes-de-synthese-panorama/panorama-2008/les-unites-pilotes-de-biocarburants-de-deuxieme-generation-dans-le-monde>

<sup>43</sup> "Une laiterie allemande produira du biocarburant à partir de petit-lait" – BE Allemagne 328 - 29/03/2007

## **Annexe 3 : Les biocarburants de troisième génération**

### **a. Présentation des biocarburants de 3<sup>ème</sup> génération**

Comparativement aux espèces oléagineuses terrestres, les **microalgues** présentent de nombreuses caractéristiques favorables à une production d'acides gras qui pourraient notamment être mises à profit pour produire des algocarburants. Ceux-ci présentent les avantages suivants :

- **Grande diversité biologique et adaptabilité** : entre 200.000 et 1 million d'espèces d'algues dans le monde, d'une exceptionnelle adaptabilité, ce qui laisse préjuger une grande richesse en molécules originales (industries cosmétopharmaceutique et agroalimentaire) et en lipides (algocarburants) ;
- **Rendement** 10 fois supérieur à celui des biocarburants conventionnels : la production de carburants à partir de microalgues pourrait représenter 20.000 à 60.000 L d'huile par hectare par an contre 6.000 L pour l'huile de palme (un des meilleurs rendements terrestres) ;
- **Croissance rapide** ;
- **Absence de conflit** avec l'eau douce, les terres agricoles et la production alimentaire ;
- **Capacité de capture de CO<sub>2</sub>** au moins 10 fois supérieure à celle des meilleures plantes terrestres ;
- Les pays disposant de grandes **surfaces lagunaires** pourraient devenir d'importants producteurs de carburant (production extensive).

La culture intensive de microalgues pour la production de biocarburants n'est cependant envisageable qu'après la maîtrise de plusieurs aspects de cette technologie. C'est pourquoi, il est nécessaire de développer la R&D dans les domaines suivants :

- Réduction des **coûts de production** de biocarburants<sup>44</sup> (R&D génie biochimique, etc.) ;
- **Maîtrise du rendement**<sup>45</sup>, notamment grâce à l'emploi de microorganismes génétiquement modifiés ;
- Développement de mesures de précaution pour limiter les risques de **prolifération de ces microorganismes** dans le cas de culture extensive ;
- Nécessité d'étudier en détail l'impact de la culture de microalgues sur l'**effet de serre** ;
- Identification des **espaces appropriés et disponibles** pour la culture extensive de microalgues, etc.

Les acteurs de la recherche et de l'innovation allemande dans le secteur des microalgues proviennent à la fois du monde **universitaire** (Université de Cologne, Institut technologique de Karlsruhe, Université technique de Berlin), des **organismes de recherche** (centre de recherche Helmholtz de Jülich, Institut de technologie de Karlsruhe KIT), d'**entreprises innovantes** (IGV, Phytolutions, AlgenIO2n, Novagreen...) et d'**industriels** (fournisseur d'électricité allemand RWE).

### **b. Les microalgues : un matériel biologique de qualité au potentiel inexploré**

Selon les experts allemands, les microalgues ont un potentiel de valorisation qui n'est pas limité à la production de biocarburants, mais extensible par exemple aux **applications environnementales** (dépollution des effluents liquides chargés en nitrates, phosphates, métaux lourds), à la **production de protéines pour l'agroalimentaire** (aquaculture) et à la **pharmaco-cosmétologie**. La composante bioénergétique pourrait être l'étape finale s'appuyant à la fois sur la maturation des technologies d'exploitation et sur une meilleure connaissance du potentiel biologique des microalgues (en particulier en matière de composants).

Certains laboratoires comme celui de l'**institut des techniques environnementales et biologiques de l'Ecole supérieure spécialisée de Brême**<sup>46</sup> se concentrent d'ores et déjà sur le développement de nouveaux procédés d'**utilisation industrielle des microalgues**. Dans ce cadre, le **laboratoire de Brême** mène depuis le 1<sup>er</sup> juillet 2008 un projet sur l'amélioration des installations de biogaz, intitulé **AlgenBiogas**<sup>47</sup>. Le BMBF apporte son soutien à ce projet pour une durée de 3 ans, à hauteur de 245.000 €, au sein du programme

<sup>44</sup> Coût de production estimé à environ 50 €/L de biocarburant produit, d'après l'état actuel de la R&D

<sup>45</sup> Le **rendement de conversion** de l'énergie solaire en biomasse est très faible (env.1,5 %, soit 10 fois moins que le rendement de conversion de l'énergie solaire en électricité via le solaire photovoltaïque ou thermodynamique), même s'il est meilleur que pour les cultures terrestres, car il est limité par le **rendement très faible de la photosynthèse** (< 1%)

<sup>46</sup> [http://www.hs-bremen.de/internet/de/forschung/projekte/detail/index\\_15164.html](http://www.hs-bremen.de/internet/de/forschung/projekte/detail/index_15164.html)

<sup>47</sup> "Des microalgues pour améliorer le fonctionnement des unités de biogaz" - BE Allemagne 393 - 9/07/2008 - <http://www.bulletins-electroniques.com/actualites/55304.htm>

"FHprofUnd"<sup>48</sup>. L'objectif d'AlgenBiogas est le développement d'un **procédé d'élimination du H<sub>2</sub>S et du CO<sub>2</sub> dans le biogaz à l'aide de microalgues**. Celles-ci peuvent en effet utiliser ces gaz pour augmenter leur propre biomasse. L'oxygène produit au cours de cette photosynthèse peut ensuite être éliminé. La biomasse de microalgues formée est ensuite utilisée comme substrat pour le processus de formation de biogaz.

Une **installation pilote** adaptée doit être construite et testée pendant plusieurs mois en lien avec une unité de biogaz, en collaboration avec les entreprises **Algatec (Brême) et MT-Energie (Basse-Saxe)**. Les travaux de R&D devraient déboucher sur la conception d'une installation commerciale, qui permettra de compléter des unités de biogaz neuves ou déjà en activité.

Un sous-projet parallèle, qui débute à **l'École supérieure spécialisée d'Anhalt** permettra de choisir et de cultiver des microalgues adaptées et d'extraire des produits de la biomasse algale. Les partenaires de l'École d'Anhalt sont le groupe **BiLaMal** et les entreprises **Stollberg et LUM GmbH**<sup>49</sup>.

#### Des axes de recherche à développer

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 microalgues qui présentent les conditions physico-chimiques les mieux adaptées à la culture<sup>50</sup> et la production d'algocarburants. Ces travaux peuvent aussi permettre de développer des souches de microalgues mutantes optimales pour la production de biomasse mais incapables de s'imposer dans des conditions naturelles, afin d'assurer la non prolifération des microalgues génétiquement modifiées pour leur potentiel bioénergétique.
- de développer les **meilleures conditions de culture et de production de biomasse** (utilisation de la lumière, conversion en biomasse).
- 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).

#### Exemples de projets de recherche :

- Le **Centre de recherche de Jülich** abrite le groupe "**Science des plantes**" (**IBG-2**) (anciennement **Phytosphère**) (ICG-3), renommé depuis novembre 2010) au sein de l'Institut de biologie et de dynamique de la géosphère (IBG). Les activités de recherche d'IBG-2 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 ont débuté il y a 2-3 ans des projets dans les **microalgues, biogaz et bioconversion** en partenariat avec RWE et Novagreen.
- **L'Université de Cologne** abrite un laboratoire de biotechnologie microalgale dans l'Institut de botanique, dont l'activité se concentre sur l'étude des **algues flagellées** (structure, fonction, origine et évolution) et est axée sur trois domaines : biologie cellulaire et moléculaire des flagellées ; phylogénie, systématique et évolution des micro-algues et de leurs organelles photosynthétiques ; exploitation des microalgues utilisant la technologie d'immobilisation des cellules mise au point par le laboratoire.
- **L'Institut de Biologie de l'Université Humboldt de Berlin** mène des travaux sur la production de **bioéthanol** avec des **cyanobactéries**, et a été subventionnée par le **BMBF** à hauteur d'1 Mio. € de 2008 à 2010. Les cyanobactéries sont une option intéressante, dans la mesure où la production de biomasse cyanobactérienne peut s'effectuer dans un **espace restreint**, y compris dans des régions où la culture des plantes industrielles n'est pas envisageable.
- Le Groupe de recherche "Photo-biotechnologie" de la faculté de biochimie de **l'Université de la Ruhr à Bochum**<sup>51</sup> s'intéresse à la production d'hydrogène à partir de microalgues.
- Un projet de recherche pour l'amélioration du rendement en microalgues pour la production d'hydrogène réunit des chercheurs des **universités de Münster, Karlsruhe, Bielefeld** et de **l'Institut Max Planck de physiologie végétale moléculaire de Golm**<sup>52</sup>. Ce projet est soutenu par le BMBF à hauteur de 1,8 Mio. €<sup>53</sup>.

#### Exemple d'une spin-off :

<sup>48</sup> Recherche dans les écoles supérieures spécialisées en collaboration avec des entreprises

<sup>49</sup> "Des microalgues pour améliorer le fonctionnement des unités de biogaz" – BE Allemagne 393 - 09/07/2008 - <http://www.bulletins-electroniques.com/actualites/55304.htm>

<sup>50</sup> On estime à moins de 1% les espèces d'algues cultivées en laboratoire.

<sup>51</sup> - "Production d'hydrogène à partir de cellules vivantes" – BE Allemagne 445 – 16/07/2009 - <http://www.bulletins-electroniques.com/actualites/059/59986.htm> - "Nouvelle technique de production de biocarburants à partir des microalgues" - BE Allemagne 467 - 20/01/2010 - <http://www.bulletins-electroniques.com/actualites/61954.htm>

<sup>52</sup> "Améliorer le rendement en hydrogène de microalgues" – BE Allemagne 398 – 13/08/2008 - <http://www.bulletins-electroniques.com/actualites/055/55660.htm>

<sup>53</sup> Cette initiative s'inscrit dans le **consortium Solar Biofuels** - <http://www.solarbiofuels.org/index.php>

A partir des travaux de l'Université Humboldt (Berlin), l'entreprise **Cyano Biofuels GmbH** a été créée en 2007, spécialisée dans le développement et l'optimisation de l'utilisation de **cyanobactéries** pour la production de biocarburants. Cyano Biofuels coordonne de nombreux projets en biocarburants de 3<sup>e</sup> génération, notamment avec les **universités de Giessen et de Fribourg-en-Brisgau**<sup>54</sup>.

### c. Des avancées technologiques dans le domaine des photobioréacteurs

La culture de microalgues pour une production de biomasse économiquement rentable se fait à l'aide de divers types de **photobioréacteurs**. Les enjeux technologiques doivent cependant relever les défis de **l'efficacité de la diffusion du CO<sub>2</sub> 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 chifferrait 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.

Pour optimiser les conditions de cultures appliquées à diverses variétés d'algues, des **universités** mènent des études sur des bioréacteurs de petite échelle, avec les axes innovants suivants: réduction du milieu liquide, amincissement des parois des photobioréacteurs, utilisation de la lumière infrarouge.

#### Des photobioréacteurs en phase expérimentale :

Dans un souci d'une meilleure compréhension des systèmes de production de biomasse à partir de microalgues en bioréacteurs, il est nécessaire de mener, dans un premier temps, des études sur des bioréacteurs de petite échelle. Par exemple, le laboratoire des bioprocédés 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. La collaboration avec les biologistes est très forte et bénéficie d'un soutien financier important<sup>55</sup>.

Pour optimiser les conditions de cultures appliquées à diverses variétés d'algues, des **universités** mènent des études sur des **bioréacteurs de petite échelle** (environ 10m<sup>2</sup>). 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.

#### AlgeniO<sub>2</sub>n

AlgeniO<sub>2</sub>n est une entreprise spécialisée dans l'application des microalgues en **aquaculture** et dans le secteur du **retraitement des eaux usées et de la précipitation des métaux lourds**. AlgeniO<sub>2</sub>n propose aux systèmes de culture en suspension un système de production avec des cellules immobilisées "**Twin-Layer System**", qui consiste à fixer les microalgues 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. "Twin-Layer System" produit 2g/m<sup>2</sup>/j (la technologie cherche une production linéaire). L'avantage réside dans le fait que la technologie consomme 90% d'énergie en moins car il n'est pas nécessaire d'enlever l'eau pour récupérer les algues et la biomasse. La diffusion de CO<sub>2</sub> est par ailleurs rapide et homogène. 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.

#### Novagreen

Novagreen produit des bioréacteurs pour la production de microalgues dans un environnement confiné. La plate-forme technologique de Novagreen utilise un système en trois couches (sous forme de sacs) installées dans une serre. Le CO<sub>2</sub> 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 les systèmes de culture (accès à la lumière, transfert gaz-liquide, température, optimisation des milieux de culture). Le centre d'intérêt est la culture de microalgues 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 CO<sub>2</sub>, ni les conditions de culture menant à l'accumulation de lipides (limitation en azote).

#### Institut für Getreideverarbeitung - IGV GmbH

L'expertise d'IGV GmbH dans les microalgues 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 lumière. Il y a de fortes similarités entre l'installation IGV et le principe

<sup>54</sup> "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>

<sup>55</sup> Voir projet **GoForsys**, programme de biologie des systèmes pour les plantes. <http://www.goforsys.org/en/index.aspx>

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.

#### **Tubular module system - IGV GmbH**

IGV GmbH a vendu d'ores et déjà 162 photobioréacteurs dont celui transportable en container pour 2000 L de suspension de microalgues (coût 225.000€). Un exemple de client est la société Salata, pour l'utilisation de microalgues pour la production de nourriture, d'aliments pour les animaux et de cosmétiques. IGV a aussi été l'initiateur de l'installation de la **ferme de microalgues de Klötze (Saxe-Anhalt)**<sup>56</sup> pour la production de chlorelles (coût évalué à 10 Mio. €). IGV est aussi impliqué dans le projet **Semiramis** soutenu à hauteur de 4 Mio. € et auquel participent **l'Université de Potsdam** et **l'École supérieure de Lausitz** : ce projet vise à capturer le CO<sub>2</sub> en produisant de la biomasse à partir de microalgues. IGV espère continuer à bénéficier d'un soutien du gouvernement fédéral dans le cadre du nouveau **programme "bioénergie et biocarburants" du BMBF**.

#### **d. 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 microalgues.

#### **RWE**

En s'appuyant sur des partenariats universitaires (**Université Jacobs de Brême, Centre de recherche de Jülich**) et industriels (**Novagreen, Phytolutions**<sup>57</sup>), le producteur d'électricité allemand RWE<sup>58</sup> a lancé en 2008 pour 400.000 € un programme de **conversion du CO<sub>2</sub>** produit par la **centrale à lignite de Niederaußem** en Rhénanie du Nord - Westphalie. Cette installation pilote s'appuie sur la **production de microalgues** en utilisant le CO<sub>2</sub> issu des gaz de combustion et le photobioréacteur de Novagreen sur une surface éclairée d'environ 600 m<sup>2</sup> en monoculture de nannochloropsis en milieu salin. Le principe consiste à dissoudre le CO<sub>2</sub> dans une suspension de microalgues en culture. Le CO<sub>2</sub> 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 CO<sub>2</sub>.

Bien que visant avant tout à **réduire les émissions de CO<sub>2</sub>** de la centrale, l'installation pilote permet aussi de tester différents **taux de conversion du système CO<sub>2</sub>-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. 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 microalgues 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 microalgues. L'installation pilote de Niederaußem bénéficie d'un soutien du Land de Rhénanie du Nord – Westphalie d'un montant de 20 Mio. € pour 3 ans à partir de 2010. RWE estime toutefois qu'il sera très difficile d'épurer les rejets d'une centrale avec l'utilisation de microalgues : il faudrait 6,3h de culture pour une centrale de 10MW.

#### **Vattenfall :**

Une approche similaire à RWE est conduite par **Vattenfall** qui lance un projet de recherche pour **piéger du CO<sub>2</sub>** émis par une **centrale au lignite**<sup>59</sup>. Utilisant les photobioréacteurs de **Subitec**, spin-off de l'Institut Fraunhofer de Stuttgart pour les surfaces de séparation et les techniques de procédés biologiques (**IGB**), l'installation pilote est installée dans le Brandebourg.

#### **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

<sup>56</sup> <http://www.algomed.de/index.php?op=algenfarm>

<sup>57</sup> **Phytolutions** est une spin-off de la Jacobs University à Brême qui opère le système de production de microalgues pour RWE

<sup>58</sup> <http://www.rwe.com/web/cms/en/183486/rwe/innovations/power-generation/coal-innovation-centre/algae-project/>

<sup>59</sup> "Vattenfall lance un projet de recherche pour piéger le CO<sub>2</sub> émis par une centrale au lignite" - BE Allemagne 493 - 26/08/2010. - <http://www.bulletins-electroniques.com/actualites/64241.htm>

utilisé pour le premier **vol expérimental d'un avion d'EADS** au salon ILA de Berlin de juin 2010 (eCO<sub>2</sub>avia<sup>60</sup>) avec le soutien financier du gouvernement bavarois. La biomasse a été produite en Argentine et transformée en huile par IGV.

#### e. Une protection juridique encore floue

Pour préserver les avancées scientifiques des laboratoires européens leader dans le domaine des microalgues, il est nécessaire de combler le vide juridique existant au niveau de la **protection des souches**. Pour l'instant, il n'est possible de breveter que les gènes pour lesquels une utilité claire a été prouvée, laissant la découverte des nouvelles souches sans protection d'un point de vue de la propriété intellectuelle. Si certains chercheurs pensent qu'il sera indispensable d'utiliser des **algues génétiquement modifiées**, la plupart d'entre eux pensent que la sélection et l'exploration de la diversité pourront apporter les premières solutions technologiques à l'amélioration de la productivité.

#### f. Un soutien encore dispersé

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 (exemple de la Rhénanie du Nord-Westphalie qui finance la 2<sup>ème</sup> phase du projet de RWE). Le gouvernement allemand a commencé à investir dans les programmes de recherche bioénergie et biocarburants il y a environ trois ans.

Néanmoins, cette thématique offre un intérêt pour **l'utilisation des énergies renouvelables dans le mix énergétique** voulu par les autorités allemandes (40% à l'horizon de 2050). A ce titre, les biocarburants et l'utilisation des microalgues pour la production de biocarburants suscitent un intérêt plus accru. Plusieurs laboratoires inscrivent cette thématique dans les axes de recherche de leurs laboratoires, parfois de façon très récente. Leurs programmes s'inscrivent dans un continuum entre **production d'algues, photobioréacteurs, production et conversion de la biomasse**.

Dans le cadre de **l'année de la science 2010** en Allemagne, consacrée à l'avenir énergétique, 4 scientifiques ont été nommés ambassadeurs des énergies renouvelables et du futur énergétique<sup>61</sup>, dont le Prof. Carola Griehl, directrice du nouveau laboratoire de biotechnologie des algues à **l'Ecole supérieure d'Anhalt** (Saxe-Anhalt).

La recherche en Allemagne sur les microalgues pourrait bientôt bénéficier d'un soutien plus accru de la part du gouvernement fédéral : en effet un **programme de bioéconomie** a été créé au sein du **BMBF** en septembre 2010. Cette initiative répond aux recommandations du **BioÖkonomieRat**, le Conseil allemand de bioéconomie appliquée à la recherche et aux technologies, mis en place dans le cadre de l'Académie des technologies Acatech. D'après le Conseil, la recherche en agronomie occupe un rôle central pour accroître la production alimentaire et celle de biomasse. Le secteur de la bioéconomie représenterait déjà deux millions d'emplois qui créent une valeur ajoutée de près de 300 Mrd. €. Le Land de RNW en avait déjà fait un axe prioritaire de sa stratégie en R&D. Suite à la publication de ce programme, le gouvernement fédéral a annoncé un investissement de 2,4 Mrd. € dans un nouveau programme de recherche en bioéconomie pour les six prochaines années. La répartition des fonds de soutien devrait être mise en place début 2011.

De façon générale, la production de biocarburants utilisant les microalgues apparaît comme une application possible. Les experts s'accordent 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 microalgues.

<sup>60</sup> <http://ila2010.eads.com/en.htm#innovation>

<sup>61</sup> "Quatre ambassadeurs pour l'avenir énergétique en Allemagne" - BE Allemagne 469 - 3/02/2010 - <http://www.bulletins-electroniques.com/actualites/62184.htm>

## Annexe 4 : Contacts dans le domaine des biocarburants en Allemagne

### - Institutions Fédérales -

---

<b>BMELV (ministère de l'agriculture) –</b> <a href="http://www.bmelv.de/">http://www.bmelv.de/</a>	<i>Herr Neumann</i> (responsable de la recherche dans le domaine de la bioénergie) Tel: +49 30/2006 3104 <a href="mailto:Clemens.neumann@bmelv.bund.de">Clemens.neumann@bmelv.bund.de</a>  <i>Dr. Ohlhoff</i> Tel: +49 30/2006 - 3294
<b>BMU (ministère de l'environnement)</b> <a href="http://www.bmu.de/">http://www.bmu.de/</a>	<i>Herr Urban Rid</i> (responsable protection du climat et énergies renouvelables) Tel : +49 188 305 3605 <a href="mailto:Urban.rid@bmu.bund.de">Urban.rid@bmu.bund.de</a>  <i>Dr. Karin Freier</i> Tel: +49 30 18 305-3620
<b>BMVBS (ministère des transports)</b> <a href="http://www.bmvbw.de">http://www.bmvbw.de</a>	<i>Nilgün Parker</i> (biocarburants, contact BtL) Tel : +49 30 2008 2411 <a href="mailto:Nilgün.Parker@bmvbw.bund.de">Nilgün.Parker@bmvbw.bund.de</a>
<b>BMWi (ministère de l'économie)</b> <a href="http://www.bmwi.de/">http://www.bmwi.de/</a>	<i>Frau Wittek</i> (responsable Energie et environnement ; énergies renouvelables) Tel : +49 30-2014-7319 <a href="mailto:Christina.wittek@bmwi.bund.de">Christina.wittek@bmwi.bund.de</a>
<b>BMBF (ministère de la recherche)</b> <a href="http://www.bmbf.de/">http://www.bmbf.de/</a>	<i>Dr. Uwe Kminikowski</i> (responsable du soutien fédéral envers la Helmholtz Gemeinschaft) Tel : +49 1888/57-2215 <a href="mailto:Uwe.kminikowski@bmbf.bund.de">Uwe.kminikowski@bmbf.bund.de</a>
<b>UBA – office fédéral de l'environnement</b> <a href="http://www.uba.de/">http://www.uba.de/</a>	<i>Dr. Klaus Mueschen</i> (responsable climat, environnement et énergie) Tel : +49 340 2103-2081 <a href="mailto:Klaus.mueschen@uba.de">Klaus.mueschen@uba.de</a>

---

### - Agences de l'énergie -

---

<b>Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena)</b> <a href="http://www.deutsche-energie-agentur.de/">http://www.deutsche-energie-agentur.de/</a>	<i>Claudia Vogel</i> (responsable énergies renouvelables) Tel: +49 (0)30 72 61 65 - 681 <a href="mailto:vogel@dena.de">vogel@dena.de</a>
<b>Agence des matières premières renouvelables (FNR)<sup>62</sup></b> <a href="http://www.fnr.de/">http://www.fnr.de/</a>	<i>Dr.-Ing. Thorsten Gottschau</i> (soutien des projets BtL et gazéification de la biomasse) Tel: +49 3843-6930-110 <a href="mailto:t.gottschau@fnr.de">t.gottschau@fnr.de</a>  <i>Dietmar Kemnitz</i> (biocarburants) Tel: +49 38 43 169 30 137 <a href="mailto:d.kemnitz@fnr.de">d.kemnitz@fnr.de</a>  <i>Dr. Hermann Hansen</i> (biomasse solide)

---

<sup>62</sup> Projektträger (organisme chargés de la gestion de projet) - Voir également <http://www.nachwachsenderohstoffe.de/fnr-ueber-uns/fnr/geschaeftsstelle/>

---

Tel: +49 3843/6930-116  
[h.hansen@fnr.de](mailto:h.hansen@fnr.de)

*Olaf Fuchs* (biogaz /biomasse gazeuse)  
Tel : +49 3843/6930-138  
[o.fuchs@fnr.de](mailto:o.fuchs@fnr.de)

---

**- Communauté des centres de recherche Helmholtz -**

---

**Centre de recherche de Karlsruhe (KIT)**  
<http://www.kit.edu>

*Dr. Peter Fritz* (membre du directoire, R&I)  
Tel : +49 7247 82 2013  
[peter.fritz@kit.edu](mailto:peter.fritz@kit.edu)

---

**Institut des techniques de la chimie (ITC) du KIT**

Programmes Energie et Développement durable et technique :

- Synthèse de gaz de synthèse et d'hydrogène issus de la biomasse pour des applications chimiques et énergétiques

*Prof. Dr. Eckhard Dinjus*  
directeur de l'ITC (procédés physico-chimiques)  
Tel.: +49 7247 82 2400  
[eckard.dinjus@itc-cpv.fzk.de](mailto:eckard.dinjus@itc-cpv.fzk.de)

*Dr. Nicolaus Dahmen* (conversion thermique de la biomasse, ITC)  
Tel : +49 72 47 82 2596  
[nicolaus.dahmen@itc-cpv.fzk.de](mailto:nicolaus.dahmen@itc-cpv.fzk.de)

---

**Institut des techniques du nucléaire et de l'énergie (IKET) du KIT**

Programme développement durable et technique :

- pyrolyse, gazéification, combustion de la biomasse  
- modélisation de la combustion pour l'incinération de déchets,  
- étude de la pyrolyse de déchets et de biomasse : optimisation des procédés des centrales, production de charbon actif à partir de biomasse, production de carburants par le procédé Biomass to Liquid

*Dr. Dietmar Kuhn* (responsable procédés énergétiques EVT)  
Tel : +49 7247 82 3483  
[dietmar.kuhn@iket.fzk.de](mailto:dietmar.kuhn@iket.fzk.de)

*Dr Lambert Krebs* (contact pour BtL)  
Tel : +49 7247 82 3466  
[Lambert.krebs@iket.fzk.de](mailto:Lambert.krebs@iket.fzk.de)

*Dr. Starflinger* (contact pour BtL)  
Tel : +49 7247 82 3445  
[joerg.starflinger@iket.fzk.de](mailto:joerg.starflinger@iket.fzk.de)

Programme Energie

- production d'hydrogène à partir de biomasse

---

**Institut de techniques d'impulsions à haute puissance et des techniques micro-ondes (IHM) du KIT**  
<http://www.ihm.kit.edu>

*Dr. Christian Gusbeth* (contact biocarburants 3ème génération)  
Tel : +49 7247 82-3869  
[christian.gusbeth@kit.edu](mailto:christian.gusbeth@kit.edu)

---

**Centre de recherche de Jülich (FZJ)**  
<http://www.fz-juelich.de/>

Activités allant de la biologie moléculaire aux systèmes intégrés de production à grande échelle. Récents projets en microalgues, bioconversion et biogaz en partenariat avec RWE et Novagreen

*Ulrich Schurr* (chef de l'Institut de biologie et de dynamique de la géosphère (IBG) - groupe "Sciences des plantes" IBG-2 - spécialiste en bioéconomie)  
Tel. : +49 2461 61 3073  
[u.schurr@fz-juelich.de](mailto:u.schurr@fz-juelich.de)

**- Autres centres de recherche -**

---

**Clausthaler Umwelttechnik -Institut GmbH (CUTEC)**  
- Bioénergies, biocarburants (gazéification, pyrolyse)  
<http://www.cutec.de/>

*Dr. Stefan Vodegel*  
Tel.: 05323 933-122  
[stefan.vodegel@cutec.de](mailto:stefan.vodegel@cutec.de)

---

---

**Université technique de la Bergakademie - Institut des procédés énergétiques et des sciences chimiques de l'ingénieur (IEC)**

<http://www.iec.tu-freiberg.de/>

*Dr. Thoms Kuchling*  
Tel: +49 3731 39 45 33  
[kuchling@iec.tu-freiberg.de](mailto:kuchling@iec.tu-freiberg.de)

Projet d'installation pilote de production de méthanol et carburant de synthèse (conception : entreprise Construction d'installations chimiques de Chemnitz -CAC)

---

**Öko-Institut e.V.**

Instruments politiques pour favoriser le développement des énergies renouvelables

<http://www.oeko.de/>

*Dr. Felix Christian Matthes*  
(département Energie et protection de l'environnement)  
Tel : +49-30/405085-380

---

**- Les acteurs industriels : les entreprises de la R&D -**

---

**Total Deutschland**

- Biocarburants de 1e et 2e génération  
- Hydrogène

<http://www.total.de>

*M. Patrick Schnell*

(responsable développement durable/ nouvelles énergies)

Tel : +49 30 20 27 74 10

[Patrick.schnell@total.de](mailto:Patrick.schnell@total.de)

---

**CHOREN Industrie (filiale de Shell)**

<http://www.choren.com>

<http://www.shell.com/home/Framework?siteId=de-de>

*Matthias Rudloff*

Business Development Manager

Tel : +49 3731-266222

[matthias.rudloff@choren.com](mailto:matthias.rudloff@choren.com)

---

**Lurgi AG (filiale du groupe Air Liquide)**

- production de gaz (biogaz, méthanol, hydrogène) et de biocarburants à partir de biomasse

<http://www.lurgi.com/english/nbsp/index.html>

<http://www.airliquide.com>

*Ulrich Wolf* (Directeur technologies du Syngas)

Tel : +49 69 5808 3238

[ulrich\\_wolf@lurgi.de](mailto:ulrich_wolf@lurgi.de)

*Dr. Armin Guenther* (directeur groupe énergies renouvelables)

Tel : +49 69 58 08 27 48

[Armin.guenther@airliquide.com](mailto:Armin.guenther@airliquide.com)

---