

## **BIOCARBURANTS DE DEUXIEME GÉNÉRATION : ENJEUX ET PERSPECTIVES ECONOMIQUES DES UTILISATIONS ÉNERGÉTIQUES DE LA BIOMASSE**

par Agneta Forslund<sup>1</sup>

Le secteur du transport utilise les deux tiers des produits pétroliers dans le monde et est responsable de 59% des émissions de gaz à effet de serre (GES) provenant de ces produits. Les biocarburants de première génération (1G) et surtout de deuxième génération (2G) fabriqués à partir de ressources renouvelables apparaissent comme une des principales alternatives industrielles dans le court et moyen terme pour répondre à la fois aux objectifs énergétiques (réduction de la dépendance par rapport au pétrole) et climatiques (réduction des émissions de GES).

L'utilisation énergétique des ressources renouvelables est susceptible d'augmenter très fortement d'ici 2020 et encore plus à l'horizon 2050, par le besoin grandissant de substitution des carburants et combustibles fossiles dans le cadre de la lutte contre le réchauffement climatique. A côté de cette demande non alimentaire, la demande alimentaire de produits agricoles restera très vraisemblablement dynamique portée par l'augmentation, l'enrichissement et l'urbanisation de la population mondiale et la modification des compositions du panier mondial des consommations avec croissance de la part des produits animaux. Au niveau de l'offre, la surface agricole mondiale est déjà largement mobilisée pour l'alimentation humaine et animale sous forme de cultures et de prairies et pâturages et le potentiel d'augmentation des productions agricoles au cours des prochaines décennies est incertain à la fois en termes d'extension de surfaces et de poursuite d'augmentation de rendements.

Les politiques publiques relatives aux biocarburants ont à ce jour essentiellement porté sur l'encouragement à l'incorporation dans les carburants traditionnels. Dans ce contexte, la demande énergétique de produits agricoles peut apparaître comme une demande relativement « incompressible » car dictée par des considérations politiques alors que les demandes pour l'alimentation humaine et animale apparaissent comme des « variables d'ajustement » car réagissant aux conditions économiques, et notamment aux prix. L'espoir se porte aujourd'hui sur les biocarburants 2G pour diminuer la concurrence directe et indirecte<sup>1</sup> entre les utilisations énergétiques et alimentaires des produits agricoles.

### **1. Situation actuelle et évolutions récentes**

En 2008, la production mondiale de biocarburants a représenté environ 43 Mtep, soit un peu plus de 2% des carburants utilisés dans les transports routiers, principalement sous forme d'éthanol aux Etats-Unis et au Brésil et sous forme de biodiesel dans l'UE. Cette production a nécessité environ 100 Mt de céréales (5% de la production mondiale), 320 Mt de plantes sucrières (17%) et presque 11Mt d'huiles végétales (9%) et a mobilisé 28 Mha soit 3% des surfaces mondiales en grandes cultures (céréales, oléagineux et plantes sucrières) (estimations INRA, 2010). Même si la part des matières premières agricoles utilisées pour les biocarburants reste encore modeste, elle connaît depuis presque dix ans un développement très rapide. Ainsi, en 2008/2009, l'augmentation

---

<sup>1</sup> INRA, UMR Structures et Marchés agricoles, Ressources et Territoires – Rennes.

<sup>1</sup> Un produit agricole alimentaire peut être utilisé soit pour l'alimentation soit pour les biocarburants, d'où la notion de concurrence directe entre les deux usages. La notion de concurrence indirecte fait référence à la concurrence entre les deux usages pour les surfaces dédiées aux produits agricoles, alimentaires ou non.

de la demande de céréales pour les biocarburants est plus forte que celle de la demande alimentaire, humaine et animale. L'accélération de la demande de produits agricoles pour les biocarburants a bien coïncidé avec la flambée du cours des matières premières agricoles en 2006-2007 qui a provoqué la « crise alimentaire » ces mêmes années, mais se poursuit aujourd'hui dans un contexte de prix mondiaux beaucoup plus modérés.

Les biocarburants 1G sont critiqués pour la menace que ceux-ci peuvent constituer pour la sécurité alimentaire mondiale en raison de leur concurrence avec des produits agricoles à double usage alimentaire et énergétique. Des interrogations existent également quant aux bienfaits réels en termes environnementaux, notamment quand sont pris en compte les changements d'utilisation des terres. Par ailleurs, leurs coûts de production sont élevés et leur potentiel limité pour substituer de plus larges quantités de carburants fossiles. Les biocarburants 2G fabriqués à partir de la biomasse ligno-cellulosique – et plus largement le développement de la biomasse en tant qu'énergie renouvelable – auraient un potentiel plus large à des coûts de production plus faibles. Ils apparaissent ainsi, au moins en théorie, comme une voie plus prometteuse, efficace pour diminuer la pression sur les surfaces et les prix en utilisant des technologies plus performantes permettant d'utiliser toute la plante et des ressources plus abondantes que les matières premières utilisées pour la 1G. Trois sources principales de biomasse peuvent être mobilisées pour la 2G, à savoir (i) des résidus ou des déchets d'origine agricole, sylvicole, industrielle, urbaine ou ménagère, (ii) des ressources forestières, i.e., le bois issu des forêts et (iii) des cultures dédiées qu'il s'agisse de plantes annuelles ou de plantes pérennes fourragères, herbacées et arbustives.

### **2. Perspectives de développement des biocarburants de deuxième génération à l'horizon 2020 – Illustration à l'aide d'un modèle économique agricole**

Parce qu'ils utilisent de la biomasse non alimentaire, les biocarburants 2G annulent la concurrence directe avec les utilisations alimentaires. Lorsqu'il s'agit des résidus ou des déchets, ou même de biomasse forestière correspondant à un «surplus de croissance», la question de concurrence indirecte pour l'utilisation des terres ne se pose pas. En revanche, dès qu'il s'agit des cultures énergétiques dédiées, cette question de concurrence se pose dans les mêmes termes que pour la 1G. Les travaux de Dronne *et al.* (2009) illustrent ce point.

Par rapport à une situation en 2020 où la production des biocarburants resterait à son niveau actuel, un développement des biocarburants 1G tel que simulé par Dronne *et al.* (2009) (satisfaction des objectifs d'incorporation annoncés par les Etats pour 2020) aurait un effet négatif sur la sécurité alimentaire mondiale, en raison d'une diminution des surfaces en grandes cultures destinées aux utilisations alimentaires humaines et animales et d'une hausse des prix des grandes cultures. Les simulations montrent que l'introduction progressive de biocarburants 2G en substitution partielle de la première à partir de 2015 permet de limiter l'impact négatif des biocarburants sur la sécurité alimentaire mondiale mais elle ne l'annulerait pas. De plus, même si l'impact des biocarburants 2G est globalement positif sur l'alimentation humaine du fait de la libération de quantités de produits et de surfaces en céréales et en oléagineux, la disparition des coproduits issus de la 1G pénaliserait l'alimentation animale. Selon ces travaux, même avec la 2G, environ 6% des surfaces mondiales en grandes cultures pourraient être consacrés aux biocarburants en 2020 pour un taux d'incorporation global moyen dans les carburants pour les transports inférieur à 6%, avec, en contrepartie, de fortes tensions sur les prix et un rationnement de l'alimentation humaine.

Alors qu'à l'horizon 2020, on peut de façon relativement raisonnable se baser sur une certaine prolongation des mécanismes économiques actuels, à l'horizon 2050, compte tenu de nombreuses incertitudes notamment en termes de politiques publiques poursuivies, on s'intéressera davantage au potentiel et perspectives d'offre et de demande de biomasse à travers diverses publications récentes, ainsi qu'à l'implication de leurs utilisations en termes de sécurité alimentaire et de bilan environnemental.

### 3. Potentiel et perspectives de l'utilisation énergétique de la biomasse à l'horizon 2050

#### – Potentiel et perspectives d'offre et de demande de biomasse

L'Agence Internationale de l'Énergie (AIE) évalue à 26% la part des biocarburants dans les carburants totaux nécessaire pour limiter le niveau de concentration atmosphérique à CO<sub>2</sub> de 450 ppm en 2050 (AIE, 2008). Selon les différents scénarios de l'AIE, la biomasse pourrait représenter entre 10 et 20% de la demande globale d'énergie à ce même horizon temporel. Au vu de notre revue de la littérature, nous constatons que l'estimation du potentiel d'utilisation de la biomasse à des fins énergétiques est parfois supérieure (au moins les fourchettes hautes) aux projections de la demande totale d'énergie en 2050. Les estimations de potentiel énergétique de la biomasse à l'horizon 2050 sont aussi très variables *selon* les études. La raison principale de ces différences réside dans le fait que les deux paramètres les plus cruciaux – la disponibilité des terres et les rendements associés aux cultures énergétiques (en biomasse et en énergie<sup>2</sup>) sont très incertains; les estimations des valeurs que prendraient ces deux paramètres varient fortement d'une étude à l'autre. Les disponibilités futures en terres pour les cultures énergétiques sont dépendantes des hypothèses faites sur les terres dédiées aux autres utilisations et par conséquent, des hypothèses sur l'évolution des rendements des productions de végétaux et d'animaux dans les différentes zones du monde. Des hypothèses variables quant aux valeurs que prendraient les rendements conduisent à des estimations des surfaces potentiellement disponibles pour les cultures énergétiques très différentes selon les études.

Si le niveau de contribution de chaque type de ressource au potentiel global énergétique varie également selon les études, l'ordre dans lequel chaque type de biomasse contribue au potentiel global est souvent le même (à quelques exceptions près). La première place est ainsi donnée aux cultures énergétiques dédiées (spécifiques) (jusqu'à 85% de la fourchette haute du potentiel global selon les études). La biomasse forestière issue du bois et des résidus représenterait également une ressource potentielle importante de bioénergie (jusqu'à 25% du potentiel global selon les études). Les résidus agricoles<sup>3</sup> arrivent le plus souvent en troisième position (autour de 5% du total) après les cultures énergétiques et le « surplus de croissance » de la forêt.

Au vu des résultats de ces études, le potentiel de production de bioénergie pourrait couvrir le besoin de biomasse pour un développement optimiste des biocarburants de 2G et au moins une partie des besoins globaux en énergie sur le long terme. Cependant, il s'agit là d'un potentiel global de la contribution de la biomasse au niveau mondial, donc avec des différences notables entre les zones géographiques. Les ressources ne se trouvant pas nécessairement dans les zones potentiellement utilisatrices de cette biomasse, un recours au commerce international pourrait se révéler nécessaire. D'autre part, il faut différencier le potentiel théorique de développement de la biomasse des scénarios qui prennent en compte également des critères économiques, écologiques et techniques ; autant de critères qui font diminuer substantiellement les quantités de ressources effectivement mobilisables.

#### – Perspectives de développement des bioénergies et implications en termes de sécurité alimentaire et de bilan environnemental

Avec la première place dans le potentiel donnée aux cultures énergétiques, la question de l'allocation des terres entre usages alimentaires et non alimentaires risque de demeurer sur le plus long terme. Ainsi, Fischer (2009) simule l'effet du développement des biocarburants sur la sécurité

---

<sup>2</sup> Le rendement en biomasse correspond à la masse de matières sèches qui est produite par hectare cultivé, tandis que le rendement en énergie correspond au rapport entre la valeur énergétique produite par une masse de matières et la valeur énergétique ingérée pour produire cette masse ; ce dernier dépend donc aussi des hypothèses formulées sur le type et la performance des technologies de production d'énergie utilisées.

<sup>3</sup> Le potentiel des déchets urbains, industriels et ménagers est rarement évalué.

alimentaire en termes d'impact sur les utilisations alimentaires (humaine et animale), les prix et le nombre de personnes souffrant de la faim à l'horizon 2050. Les impacts sont d'autant plus importants que la part des biocarburants dans les carburants utilisés pour le transport routier est élevée et que le développement des biocarburants 2G est lent et faible. Un développement plus rapide des biocarburants celluloseux permettrait de réduire les surfaces céréalières utilisées à des fins énergétiques, d'augmenter les surfaces destinées à l'alimentation directe et indirecte des hommes, et de diminuer de moitié l'augmentation du nombre de personnes souffrant de la faim (+70 millions de personnes souffrant de la faim par rapport au scénario de référence avec un développement accéléré de la 2G, par rapport à +140 millions de personnes avec un développement « moyen »).

Dans la même perspective, Melillo *et al.* (2009) illustrent les conséquences environnementales liées aux changements d'usage des sols d'un développement des biocarburants 2G uniquement à partir de cultures dédiées. Dans le premier scénario appelé 'déforestation', les résultats montrent que les terres dédiées aux cultures énergétiques ne sont pas compensées par la baisse des pâtures. On assiste par conséquent à une déforestation des forêts tropicales et à un impact très négatif sur la biodiversité. Dans le deuxième scénario qualifié 'd'intensif', moins de terres sont dédiées aux cultures énergétiques et la baisse des pâtures est plus forte, deux évolutions qui limitent légèrement la déforestation. La réduction de la biodiversité est un peu plus faible, mais elle est toujours significative, soit une réduction de 20% en 2050 par rapport à 2000 des forêts naturelles et des surfaces boisées en Amérique latine et de 38% en Afrique sub-saharienne contre une réduction de 65 resp. 71% dans le scénario déforestation en Amérique latine et de 59 resp. 63% de réduction en Afrique sub-saharienne. Les deux scénarios diffèrent surtout au niveau de la dette carbone<sup>4</sup> qui est trois fois plus faible dans le scénario intensif que dans le scénario de déforestation. Le risque d'une augmentation de l'utilisation de l'azote liée à la culture intensive de la biomasse demeure également avec ces nouvelles cultures.

### CONCLUSIONS

Une introduction rapide et à grande échelle de la 2G apparaît intéressante pour réduire l'impact négatif de la 1G sur la sécurité alimentaire dans le monde (Dronne *et al.* 2009 ; Fischer 2009). Selon la littérature, le potentiel de biomasse pour des utilisations énergétiques pourrait remplacer une grande partie de la demande énergétique globale à l'horizon 2050. Les cultures énergétiques dédiées sur des terres « disponibles » représentent la source de biomasse ayant le plus large potentiel dans la production future de biocarburants. Les conséquences environnementales d'un développement des biocarburants 2G, essentiellement à partir de cultures dédiées seraient cependant négatives, en termes notamment de perte de biodiversité (Melillo *et al.* 2009).

En effet, même si d'après certaines estimations il y a des terres disponibles pour la production de bioénergies, ces terres seront en concurrence avec les besoins alimentaires d'une population mondiale en croissance. Par ailleurs, les conséquences des conversions des terres peuvent avoir des impacts négatifs en termes d'émissions de GES et de dette carbone (Melillo *et al.* 2009). De plus, les terres potentiellement disponibles ne se trouveront pas forcément dans les mêmes zones géographiques que celles d'expression des besoins alimentaires et non alimentaires. Un recours au commerce, que ce soit sous forme de produits agricoles végétaux ou animaux, de biomasse lignocellulosique ou des biocarburants, est indispensable, ce qui, en plus d'augmenter les coûts de mobilisation de la ressource, poserait la question des émissions de GES dues au transport.

---

<sup>4</sup> La diminution du stockage de carbone terrestre associée au développement des biocarburants et aux changements d'usage des terres induits est communément appelée « dette carbone » (Fargione *et al.* 2008, Searchinger *et al.* 2008). Au cours du temps, pour une utilisation des terres inchangée, cette dette carbone diminue et peut s'annuler si les émissions de GES liées à la production et à l'utilisation des biocarburants sont inférieures aux émissions des carburants fossiles qu'ils remplacent.

Une diversification des ressources de biomasse provenant à la fois de l'agriculture et de la forêt est nécessaire faute de quoi les biocarburants 2G n'arriveront pas à s'exempter des critiques formulées contre la première en terme de sécurité alimentaire et de bilan environnemental. Il s'agit notamment de développer au maximum la biomasse « hors sol », c'est-à-dire les résidus agricoles et forestiers, afin de réduire la pression sur les surfaces agricoles ; mais aussi de favoriser une véritable politique de gestion de la forêt qui permettrait de valoriser le potentiel de la biomasse forestière à la fois en termes de résidus et de « surplus de croissance » pour les biocarburants à côté des usages traditionnels du bois. Pour les cultures énergétiques, il est nécessaire d'améliorer les rendements en biomasse et en énergie et de mettre en place des systèmes de cultures orientés selon les principes du développement durable. La productivité agricole, végétale et animale, demeurera l'élément clé pour à la fois augmenter la production agricole et libérer des terres. Cependant, avec l'augmentation des rendements se posent aussi d'autres questions liées aux ressources en eau et au maintien de la biodiversité.

*In fine*, ce seront d'abord les prix qui vont conditionner les divers usages de la biomasse, et les développements relatifs des différents types de biomasse pour la production de bioénergies. Ces prix résulteront de la confrontation des offres et des demandes qui peuvent elles-mêmes être influencées par des politiques publiques (agricoles, forestières, environnementales, énergétiques...), différentes selon les régions et selon qu'il y aura ou non un développement du commerce de ces produits<sup>5</sup>. Au fur et à mesure que se développent les usages énergétiques de la biomasse et que ceux-ci représenteront une part plus importante des utilisations des productions des cultures et de bois, il est clair qu'à côté du marché devra exister une régulation publique qui visera à organiser de véritables filières non-alimentaires et à gérer leur coexistence avec les autres filières.

---

<sup>5</sup> Ce développement des échanges sera lui-même fonction de l'intérêt économique et donc des prix.

### RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- (1) AIE (Agence Internationale de l'Energie), 2008. – Energy Technology Perspectives 2008, scenarios & strategies to 2050.
- (2) DRONNE Y., FORSLUND A., GOHIN A. et LEVERT F., 2009. – Conséquences des politiques des biocarburants de l'UE et des grands producteurs à l'horizon 2020. *INRA, UMR 1302 SMART, Rennes (rapport pour le ministère en charge de l'agriculture)*.
- (3) FISCHER G., 2009. – World Food and Agriculture to 2030/50: How Do Climate Change and Bioenergy Alter the Long-Term Outlook for Food, Agriculture and Resource Availability? Paper Prepared for the FAO Expert Meeting on How to Feed the World in 2050, Rome, 24-26 June 2009.
- (4) MELILLO J.M., GURGEL A.C., KICKLIGHTER D.W., REILLY J.M., CRONIN T.W., FELZER B.S., PALTSEV S., SCHLOSSER C.A., SOKOLOV A.P. and WANG X., 2009. – Unintended Environmental Consequences of a Global Biofuels Program. *MIT Joint Program on the Science and Policy of Global Change, Report 168, January 2009*.
- (5) FORSLUND A., GAUVRIT L., GUYOMARD H. et MORA O., 2010. – Les utilisations non alimentaires de la biomasse et la concurrence pour l'utilisation des terres: belles promesses ou vraies craintes? Rapport RST de l'Académie des Sciences (en partenariat avec l'Académie d'Agriculture de France), Démographie, Climat et Alimentation Mondiale.