BIOCARBURANTS DE DEUXIÈME GÉNÉRATION : INTRODUCTION AUX DÉFIS SCIENTIFIQUES, BIOLOGIQUES, TECHNOLOGIQUES ET ÉCONOMIQUES

INTRODUCTION

par François **Houllier**[1]

Le développement des biocarburants s'inscrit dans un contexte caractérisé par la conjonction de plusieurs défis majeurs : la substitution de carbone renouvelable issu de la photosynthèse au carbone fossile, non seulement pour des usages énergétiques dans le domaine des transports pour lequel on manque de dispositifs efficaces de stockage de l'énergie, mais surtout pour des usages chimiques pour lesquels il n'existe pas, sur le très long terme, de sources alternatives à la biomasse ; la diversification du bouquet énergétique dans une double perspective de réduction de la dépendance aux sources actuelles d'énergie et d'accroissement de la résilience des économies aux fluctuations éventuelles d'approvisionnement de ces sources ; la réduction des émissions de gaz à effet de serre par évitement partiel de consommation de carbone fossile. Plus généralement, le développement des biocarburants témoigne d'un basculement d'une logique de valorisation subsidiaire de la biomasse à des fins non alimentaires, la « VANA » des années 1990 et du début des années 2000, vers la diversification de ses usages — parfois la redécouverte, avec des technologies nouvelles, d'usages anciens tombés en désuétude — et la conception de systèmes de production dédiés à des usages énergétiques ou chimiques et à la production de biomatériaux.

Outre les effets médiatiques recherchés, la notion de « génération » renvoie en premier lieu aux sources de carbone renouvelable utilisées et aux ressources végétales mobilisées pour y accéder. Si la première génération faisait appel à l'amidon, aux sucres directement fermentescibles et aux huiles végétales issus principalement de céréales, de canne à sucre et d'oléagineux — mais aussi de graisses animales —, la deuxième génération renvoie à l'usage de composés lignocellulosiques issus de plantes annuelles et pérennes, de co-produits et de déchets, tandis que la troisième génération renvoie principalement à la valorisation des algues et des micro-algues. Cette distinction des différentes générations de biocarburants met en jeu trois autres aspects majeurs : la destination principale, alimentaire ou non alimentaire, de la biomasse utilisée ; la compétition entre usages des terres ; l'efficacité énergétique par unité de surface des différents systèmes de production de biomasse. De par la nature des ressources mobilisées, les biocarburants de 2e génération concernent au premier chef les forêts.

Comme le montrera l'exposé de Jean Tayeb, la distinction entre générations est aussi une affaire de procédés technologiques mis en jeu — pour les biocarburants de 2e génération, on différencie ainsi les voies biochimique et thermochimique —, de nature des produits obtenus — éthanol, autres alcools, esters et bio-diésel, *etc.* — et de maturité industrielle et économique des

---

[1] Correspondant de l'Académie d'Agriculture de France, directeur scientifique plante et produits du végétal à l'INRA, DS PPV, 147, rue de l'Université, 75007 Paris.
C.R.Acad. Agric. Fr., 2010, 96, n°2. Séance du 10 mars 2010.

Copyright – Académie d'Agriculture de France – 2010. Séance du 10 mars 2010.

filières, celle-ci décroissant depuis les biocarburants de première génération pour lesquelles les besoins de recherche sont devenus marginaux jusqu'aux biocarburants de troisième génération pour lesquelles beaucoup de recherches sont encore exploratoires. La situation des biocarburants de 2e génération est, à ce titre, intermédiaire puisque, aujourd'hui, ils font à la fois appel à des recherches académiques — par exemple, sur la biosynthèse des lignines et l'élaboration des parois lignocellulosiques et sur les procédés (bio)technologiques de leur déconstruction qu'évoquera Herman Höfte et qui ont fait l'objet de la séance de cette Académie en date du 17 février 2010 — et à des travaux de R&D industrielle mettant en jeu des installations pilotes et des démonstrateurs (voir l'exposé de Jean Tayeb). Dans une communication informelle, notre collègue finlandais Markku Simula indique ainsi que « toutes les opérations actuelles [de production de biocarburants de 2ème génération] sont encore considérées comme des opérations pilotes, mais que l'année 2010 verra démarrer des unités de production à échelle industrielle aux USA, et que la Chine envisage, vers 2012, une unité de production qui devrait dépasser 1,25 millions de Mm^3/an ». Il souligne également que « les technologies utilisées et planifiées dans les projets en cours montrent que le procédé biochimique est actuellement dominant ».

Comme suggéré plus haut, le développement des biocarburants de 2e génération suppose aussi de s'intéresser à des questions systémiques dont parlera Agneta Forslund. Il s'agit, en premier lieu, non seulement de comprendre et évaluer leurs impacts et bilans environnementaux (sur les sols et la biodiversité, par exemple) et énergétiques — pour lesquels on mobilise et raffine les méthodes d'analyse de cycle de vie —, mais aussi d'analyser les changements d'usage des terres que leur production induit. Ces derniers nécessitent de prêter une grande attention aux effets éventuels de compétition entre les destinations alimentaires et non alimentaires de la biomasse aussi bien qu'à des effets plus subtils de substitution à distance (la mobilisation de terres agricoles pour une fonction particulière peut en effet induire qu'il faille assurer la production supprimée en un autre endroit, entraînant ainsi une cascade de conséquences dont la traçabilité n'est pas facile à assurer). Il s'agit ensuite d'appréhender et d'évaluer leurs impacts économiques sur les prix, les marchés et le commerce des produits, alimentaires et non alimentaires, dérivés de la biomasse. La montée en puissance des biocarburants de 1ère génération a ainsi fait l'objet de recherches, et de vives controverses ; nul doute que des questions de même nature se poseront aussi pour les biocarburants de 2ème génération, par exemple sur les compétitions entre les différents usages du bois. Il s'agit enfin de questions relatives aux territoires, à l'organisation des filières et des bassins d'approvisionnement, par exemple à la logistique, cette question étant d'autant plus importante que l'on s'intéresse à des unités de grande taille telles celles qui sont envisagées pour la voie thermochimique.

La complexité des questions mises en jeu a ainsi été révélée par une prospective conduite dans le cadre de l'atelier de réflexion prospective « Quels végétaux et systèmes de production durables pour la biomasse dans l'avenir ? » coordonné par l'INRA, le CIRAD et l'IFP pour le compte de l'Agence nationale de la recherche (ANR). Couplant des hypothèses, issues de différentes sources (l'Agence internationale de l'énergie et la prospective AgriMonde conduite par le CIRAD et l'INRA), sur les évolutions des systèmes énergétiques et des systèmes alimentaires mondiaux, cette prospective sur les futurs usages non alimentaires de la biomasse végétale à l'horizon 2050 met en scène quatre scénarios contrastés — « Fuite en avant. Le fossile perdure, la biomasse en complément », « La biomasse dans la néo-modernisation verte », « Course à la biomasse dans un contexte de crise énergétique », « Des territoires métropolitains et ruraux qui mobilisent la biomasse pour une diversité d'usages » — qui, tous, pointent de fortes tensions sur les usages des terres agricoles à l'horizon 2050, sauf à mobiliser des ressources forestières et, donc, à accroître les pressions sur ces écosystèmes. Par l'ampleur des systèmes embrassés (énergie et alimentation) et son échelle (le monde), une telle étude pose évidemment des problèmes méthodologiques nombreux. Surtout, elle pointe la nécessité de disposer de données et de modèles, à des échelles

emboîtées, et d'instrumenter leur couplage : il y a là un enjeu majeur de recherche pour les années à venir.

Cette courte introduction ne visait pas à présenter l'ensemble des sujets relatifs aux biocarburants de 2e génération, mais à esquisser l'ampleur et la diversité du spectre des questions et enjeux scientifiques et technologiques qui leur sont liés et, corrélativement, des recherches, d'amont ou appliquées, qu'il convient de conduire et que cette séance a vocation à illustrer sur quelques points. Il serait ainsi réducteur de penser que ces recherches ne relèvent que de la biologie, des biotechnologies, vertes ou blanches, de la thermochimie et du génie des procédés ; elles concernent aussi l'écologie, la sylviculture et l'agronomie, au même titre que l'économie.

Pour en savoir plus

(1) CGDD. 2009. – Filières vertes. Les filières industrielles stratégiques de la croissance verte. MEEDDM.
(2) COLONNA P. 2006. – La chimie verte. Tec & Doc, Lavoisier, Paris.
(3) SALMON J.-M. 2008. – Agrocarburants et environnement. MEEDDAT.
(4) Séance de l'Académie d'Agriculture de France du 17/02/2010 consacrée aux lignines.
(5) Sur l'atelier de réflexion prospective « Quels végétaux et systèmes de production durables pour la biomasse dans l'avenir ? » : http://www.inra.fr/arpvega/
(6) Sur le réseau 3BCAR « Bioénergies, Biomolécules et Biomatériaux du CArbone Renouvelable » : http://www.inra.fr/les_partenariats/collaborations_et_partenaires/entreprises/en_direct_des_labos/3bcar
(7) Sur les biotechnologies blanches mobilisées, entre autres, dans la voie biochimique de production de biocarburants : http://www.inra.fr/audiovisuel/web_tv/rencontres/sia_2010/biotechnologies_blanches
(8) Sur un projet européen de recherche centré sur la bioraffinerie : http://www.inra.fr/inra_cepia/vous_recherchez/des_projets/europe/biocore