

Biomasse et transition énergétique

Grâce à la photosynthèse, l'ensemble de la matière végétale est une véritable réserve d'énergie captée à partir du soleil. Elle s'avère une ressource essentielle pour les hommes, en leur procurant alimentation, énergie et matériaux. La biomasse constitue ainsi la première source d'énergie renouvelable produite en France, devant l'énergie hydraulique, éolienne et géothermique.

Dans les prochaines années, la biomasse apparaîtra probablement comme un pilier indispensable de la phase de transition énergétique dans laquelle nous sommes entrés. Comment valoriser au mieux la biomasse et développer de nouvelles filières sur des sources renouvelables de carbone, en substitution au carbone fossile ? C'est l'une des questions prioritaires pour l'Inra dans les dix prochaines années et c'est aussi un thème important de réflexion à très long terme, porté notamment par l'association *Prospective 2100*.

Ce *Forum des labos* a pour ambition d'éclairer le sujet, en confrontant la réflexion des uns aux projets des autres. Il s'agit de dessiner à grands traits les enjeux et les perspectives de la biomasse, ainsi que les développements actuels ou envisagés pour contribuer à une meilleure performance énergétique. Plus largement, il s'agit aussi de comprendre que cette "crise" est en fait une formidable mutation qui bouscule nos habitudes et nos références. Le défi qui s'ouvre à nous est bel et bien d'inventer un futur [plus] économe en ressources et compatible avec le développement de notre planète.

Laurent Hémidy,
Président du Centre Inra de Versailles-Grignon

Directeur de la publication : Laurent Hémidy
Coordination : Catherine Foucaud-Scheunemann
Conception et réalisation : Pascale Inzerillo - Mission Communication
Photo : ©Inra

SOMMAIRE

- > *Prospective 2100*, préparer le futur
- > Transition énergétique
- > Valorisations énergétiques des biomasses
- > Valorisation énergétique de la biomasse au Brésil
- > L'amélioration des cultures dédiées à la production de biomasse lignocellulosique



Centre de Versailles-Grignon
Route de Saint-Cyr - RD10
78026 Versailles Cedex
France

Tél. : + 33(0)1 30 83 30 00
www.versailles-grignon.inra.fr



BIOMASSE ET TRANSITION ÉNERGÉTIQUE

LE FORUM DES LABOS
Versailles, 21 juin 2013



Membre fondateur de
 **agreenium**
Association pour le développement
agricole durable

Thierry Gaudin* et **Lucien Deschamps****

**Président de l'Association Prospective 2100*
***Secrétaire général*

Association à but non lucratif, Prospective 2100 fut créée en 1996 pour promouvoir la prospective auprès des décideurs

Prospective 2100, préparer le futur

Les entreprises, les organisations et les individus qui participent à *Prospective 2100* estiment qu’il ne reste que quelques années avant que les décideurs soient amenés à des investissements massifs répondant à la crise sociale. Ils veulent utiliser ce temps pour imaginer, valider, améliorer les programmes du futur afin qu’ils répondent aux vrais besoins de l’homme et de la nature.

Prospective 2100 a retenu 14 thèmes pouvant donner lieu à la réalisation de programmes mondiaux : cités marines, structuration des villes, communication mondiale, éducation et culture, métrologie du quotidien, espace, énergie, jardin planétaire, humanisme industriel, solidarité et santé, fiscalité incitative, système judiciaire mondial, système économique et monétaire et utopies. L’association se propose de constituer pour chacun de ces programmes un dossier d’information, de réflexions et de propositions à destination des décideurs.

Au quotidien, *Prospective 2100*

• organise des conférences du soir de prospective technique, économique et sociétale ; des débats sur les relations technique-société ou la transition de civilisation, des ateliers dont le travail peut s’étendre sur plusieurs années (Futur de l’espace, Energies 2100…) et des symposiums internationaux (de deux jours à une semaine) sur les programmes affichés (par exemple Cités marines, Jardin planétaire, EnerBiomassa…) ;

- conseille des organisations en demande d’études prospectives sur les relations technique-société ;
- contribue à la promotion des techniques préparant l’avenir.

L’association est animée par ses membres qui agissent à titre bénévole, au sein de groupes, clubs, ateliers ou délégations (Brésil, Cameroun…). Son organisation repose sur un conseil d’administration, un bureau et un conseil scientifique international.

Thierry Gaudin, président de l'Association Prospective 2100

Jean-Louis Bobin • *Président du Club “Énergie” de Prospective 2100*

Transition énergétique

La transition énergétique est l’objet d’un débat pour le moins confus. Les données chiffrées en sont souvent absentes. L’atelier “Énergies 2100” créé et animé par *Prospective 2100* a réuni un groupe d’experts pendant plus de cinq ans avec pour premier objectif d’analyser les faits, les chiffres et les tendances énergétiques à long terme. Tenant compte de ce contexte et des contraintes contradictoires à prendre en compte, des évaluations des potentialités des diverses technologies de production, stockage et distribution ont été proposées. Dans un sens, l’augmentation de la population et le développement de grands pays émergents entraînent la demande vers le haut. En sens inverse, la perspective d’une pénurie de ressources fossiles et la menace d’un réchauffement climatique imposent de limiter l’offre tout en réduisant fortement les émissions de gaz à effet de serre.

Actuellement, les combustibles fossiles émetteurs de CO₂ fournissent 80 % de l’énergie primaire. Cette situation n’est pas durable alors que la consommation énergétique de la Planète pourrait doubler d’ici 2050. Une transition est nécessaire dont le premier impératif est de respecter la contrainte climatique. Grâce aux recherches des climatologues, on connaît la courbe de l’évolution des émissions de gaz à effet de serre qu’il convient de suivre pour limiter leur concentration à une valeur compatible avec un réchauffement modéré maîtrisé.

En raison de l’inertie propre au système énergétique, la transition souhaitée va demander du temps. La première grande transition énergétique, celle de l’industrialisation des pays occidentaux avait pris un siècle. On peut difficilement imaginer que la transition à venir se réalise en moins de temps. Mais l’avenir à l’horizon 2050 est en partie écrit. Il ne pourra être modifié qu’à la marge. La transition d’ici là ne sera qu’amorcée. Elle ne se limitera pas aux seules modifications du bouquet énergétique, les modes de vie et l’organisation de la société en seront affectés.

Les chemins sont divers qui permettront d’achever la transition vers la fin du siècle. Dans le prolongement ou à l’encontre de tendances lourdes ? Dans une démarche prospective qui refuse l’idéologie de la décroissance, il convient d’imaginer l’évolution à venir des technologies de la production du transport et du stockage de l’énergie. Quelles “vieilles” technologies sont appelées à survivre ? Quelles technologies aujourd’hui en développement arriveront à maturité ? Quelles technologies pourraient surgir de recherches en cours ? Comment les unes et les autres pourront-elles, à une échéance aussi lointaine que 2100, satisfaire la demande d’une humanité plus nombreuse et plus développée ? Autant de problèmes à résoudre au cours de ce siècle.

Thierry Gaudin, président de l'Association Prospective 2100

Lucien Deschamps, secrétaire général de l'Association Prospective 2100

Henry-Hervé Bichat • *Président du Club “Jardin Planétaire” de Prospective 2100*

Valorisations énergétiques des biomasses

La biomasse a toujours contribué à la satisfaction des besoins énergétiques des hommes depuis qu’ils ont appris à maîtriser le feu. Mais elle a bien d’autres usages pour lesquels il n’y a pas beaucoup d’autres alternatives : l’alimentation, la production de matériaux et de molécules chimiques, sans oublier la durabilité des écosystèmes. De plus la valorisation énergétique de la biomasse s’accompagne toujours de sa destruction, alors que dans les autres valorisations, au moins une partie peut être recyclée. Cela explique que la production d’énergie à partir de la biomasse ne peut être envisagée que lorsque toutes les autres valorisations possibles ont été satisfaites.

La recherche d’une économie décarbonée place la production énergétique à partir de la biomasse au cœur de débats scientifiques passionnés : pour certains, la biomasse devrait être l’énergie du futur, associée à de rigoureux programmes d’économies d’énergie. Pour d’autres, la production d’énergie à partir de la biomasse est trop peu performante, lorsque tous les paramètres sont pris en compte, pour que cette option soit retenue.

Dans le cadre de l’atelier Energies 2100, un groupe de travail s’est consacré spécifiquement à la production d’énergies à partir des biomasses. Il avait pour mandat principal de répondre à la question suivante : est-il envisageable que les valorisations énergétiques de la biomasse doublent en volume d’ici 2050 (c’est-à-dire passent de 1,1 Gtep/an à 2,2 Gtep/an) afin que la biomasse maintienne sa place (soit 10 % de la production primaire d’énergie mondiale) dans les bouquets énergétiques du futur ? Est-il même possible que sa part remonte, dans une logique exigeante de sobriété des consommations énergétiques, jusqu’à 20 % comme le proposent certains scénarios de l’Agence international de l’énergie, bien inférieure cependant à son niveau historique (de l’ordre de 80 %) d’avant la Révolution industrielle ?

En s’appuyant sur la littérature existante, et notamment l’exercice de prospective Agrimonde, le groupe de travail a conclu que les valorisations énergétiques de la biomasse pourraient au mieux doubler par rapport à la situation actuelle, c’est-à-dire maintenir leur place dans les bouquets énergétiques mondiaux. Ce qui supposerait notamment de mieux valoriser tous les déchets agricoles, forestiers, agro-industriels et domestiques. Les régions disposant des potentiels les plus intéressants sont les pays de l’ex-Union des républiques socialistes soviétiques, ceux de l’Organisation de coopération et de développement économiques et surtout l’Amérique latine.

Il a enfin souligné que les valorisations énergétiques des biomasses sont d’abord liées aux contingences locales des ressources et des besoins et que contrairement à l’opinion commune, elles sont plus complémentaires de ses autres usages que concurrentes, surtout dans la perspective du développement des systèmes de cultures associées promus par l’agroécologie ainsi que de l’optimisation des valorisations des biomasses au sein des bio raffineries.

Henry-Hervé Bichat, président du Club "Jardin Planétaire" de Prospective 2100

Vera Dubeux Torres • *Présidente de Prospectiva 2100 Brasil*

Valorisation énergétique de la biomasse au Brésil

Le Brésil est un vaste pays de 850 millions d’hectares soit près de la moitié de la superficie de l’Amérique du Sud. La surface agricole utile est de 360 Mha avec 190 Mha de paturages, 24 Mha de culture de soja et 9 Mha de canne à sucre. Des sols et une climatologie favorables sont à la base de fortes productions qui font du Brésil un des grands exportateurs mondiaux de nombreux aliments (viande, orange, soja, café, sucre…) et d’énergie (éthanol). La production de biomasse offre au Brésil des perspectives intéressantes en raison de sa grande surface et de la possibilité de diversifier les énergies renouvelables dans son bouquet énergétique.

Le développement des biocarburants est en cours avec le double objectif de renforcer l’économie brésilienne et de réduire les émissions de gaz à effet de serre.

Un certain nombre de défis sont alors posés et pris en compte :

- la consommation d’eau ;
- la compétition entre cultures vivrières et cultures énergétiques ;
- le développement de surfaces cultivées au détriment de savanes arborées ou de forêts.

Ces différents problèmes ont été étudiés par les autorités compétentes pour optimiser les productions, améliorer leur efficacité et contribuer à la couverture des futurs besoins de l’humanité en énergie et aliments. La canne à sucre est la biomasse la plus utilisée à des fins énergétiques au Brésil. Cette activité est primordiale au plan socio-économique. Elle génère 850 000 emplois et rapporte près de 23 milliards de dollars. Le parc de production qui comprend plus de 400 unités exploite 468 millions de tonnes de canne à sucre fournies par 70 000 producteurs. La production nationale annuelle est de 27 milliards de litres d’éthanol et 31 millions de tonnes de sucre. De nouvelles filières lignocellulosiques dites de deuxième génération - la canne énergie - (Réseau national d’amélioration de la canne à sucre du Ministère de l’Éducation, RB – RIDESA) sont en cours de développement avec le double avantage

d’exploiter toute la biomasse produite par la plante (canne, bagasse et paille) et de tirer partie de sols de moindres qualités. Les premières usines (bioraffineries) sont en cours d’installation et une production de 9 000 litres par ha est attendue contre 7000 l/ha avec la filière de première génération. En 2020, la part de la canne à sucre dans la matrice énergétique brésilienne devrait atteindre 20 %(EPE, Organisme national de recherche énergétique du Ministère des mines et de l’énergie).

Le Brésil se prépare aussi aux futurs besoins mondiaux : le marché des biocarburants pourrait passer au cours des dix prochaines années de 110 milliards de litres en 2012 à 270 milliards de litres en 2021, soit une augmentation de 145 %. La biomasse des forêts exploitée d’une manière raisonnée contribue également à la production d’énergie ou de bois pour la construction, le charbon et autres. L’exploitation des forêts du Brésil a généré plus de 2 millions d’emplois dans 60 000 entreprises (EMBRAPA, Organisme national brésilien de recherche agricole du Ministère de l’agriculture). Au final, le Brésil travaille à travers ses programmes sur des modèles de développement soutenable permettant d’assurer une bonne utilisation des terres, de l’eau et de l’énergie pour répondre aux besoins intérieurs et extérieurs de denrées alimentaires et d’énergie.

Herman Höfte

Herman Höfte • *UMR Institut Jean-Pierre Bourgin (Inra, AgroParisTech)*

Herman Höfte, directeur de l'UMR Institut Jean-Pierre Bourgin (Inra, AgroParisTech)

Herman Höfte, directeur de l'UMR Institut Jean-Pierre Bourgin (Inra, AgroParisTech)

Herman Höfte • *UMR Institut Jean-Pierre Bourgin (Inra, AgroParisTech)*

L’amélioration des cultures dédiées à la production de biomasse lignocellulosique

En France, le Grenelle de l’environnement a fixé comme objectif pour 2020 une augmentation de la production de biomasse de 10 millions de tonnes équivalent pétrole (Mtep) par an. La biomasse potentiellement disponible proviendrait des forêts (6,2-10,2 Mtep/an), des déchets organiques (5,4 Mtep/an), des résidus agricoles (4,3 Mtep/an) et des cultures dédiées (1-5 Mtep/an, ce qui représente entre 0,2 et 1,2 Mha de surface agricole). Ces dernières peuvent être produites sur des terres agricoles disponibles ou sur des terres marginales, telles que des jachères, des terres polluées… auquel cas elles n’entrent pas en compétition avec des cultures alimentaires. Dans ce contexte, il convient de sélectionner et d’améliorer les cultures les plus appropriées pour la production de biomasse en lien avec les besoins industriels et avec un faible besoin d’intrants et d’eau.

La disponibilité de plusieurs cultures permettra d’optimiser la production de biomasse dans différentes conditions pédoclimatiques. Ainsi, on développe, pour des climats tempérés, des espèces ligneuses (saule, peuplier) sous forme de taillis à courte rotation et des plantes de la famille des Poacées à métabolisme C4 annuelles (*e.g.* sorgho) ou pérennes (*e.g.* miscanthus et switchgrass) et pour des zones tropicales, de nouvelle variétés de canne à sucre - à noter que le métabolisme C4 est intrinsèquement plus efficace dans l’utilisation de la lumière et de l’eau que le métabolisme C3 qu’on trouve chez la majorité des plantes.

Les cultures pérennes nécessitent très peu d’interventions en dehors de l’établissement de la culture et des récoltes annuelles. Dans le cas du miscanthus, grâce à son rhizome, elles permettent d’accumuler du carbone dans le sol et de réduire l’érosion. Les réserves du rhizome permettent également un démarrage rapide au printemps ce qui contribue au rendement élevé en biomasse. Ces plantes pérennes, comme le miscanthus, remobilisent très efficacement les minéraux des parties aériennes aux racines à la fin de la saison de croissance et en conséquence nécessitent peu d’engrais si l’on récolte la biomasse au printemps. Ainsi un champ de miscanthus à l’université de Hohenheim (DE) a permis une production constante de 20 tms/ha et par an (tonnes de matières sèches) sur une période de 15 ans sans aucun apport d’engrais !

Dans ce contexte, le projet “Investissements d’avenir” *Biomass for the future* (BFF) vise à développer de filières locales et durables de valorisation de biomasse lignocellulosique et la création de nouvelles variétés de miscanthus et de sorgho avec un meilleur rendement, un faible impact environnemental et une composition adaptée aux applications industrielles. Le projet regroupe 22 partenaires (neuf partenaires publics, 11 partenaires privés et deux collectivités territoriales), avec un investissement total de 27,5 millions d’euros sur huit ans (2012-2019) et une aide de 10 millions d’euros de l’Agence nationale de la recherche. BFF agira en amont sur la création variétale, sur le développement des méthodes de culture, en particulier sur des terres marginales, sur l’amélioration de la logistique, et en aval sur le développement de nouvelles utilisations industrielles telles que la combustion, la méthanisation, des matériaux de construction et des composites. Les choix stratégiques prendront en compte l’analyse de cycle de vie des différentes filières. Pour la création variétale, BFF s’appuiera sur la génomique comparative en utilisant le maïs comme plante modèle, la modélisation écophysologique et agronomique et le phénotypage chimique et anatomique. Les collectivités territoriales joueront un rôle moteur dans la mise en réseau des parties prenantes de ces nouvelles filières.

Thierry Gaudin, président de l'Association Prospective 2100

Lucien Deschamps, secrétaire général de l'Association Prospective 2100

En savoir plus

• EnerBiomassa’12 - Energies from Biomass, Maceió, Alagoas (BR), 2012.

Actes du colloque - DVD (2013) http://enerbiomassa.2100.org/

En savoir plus

• Hervé-H Bichat et Paul Mathis. 2013. La biomasse, énergie d’avenir ? Editions Quæ (Versailles), 225 pages.

En savoir plus

• Höfte H. 2013. L’amélioration des cultures dédiées à la production de biomasse lignocellulosique. *Innovations agronomiques (sous presse)*.