

Mots clés

- Biomasse
- Culture énergétique
- Plantations pluri-annuelles
 - TCR
 - TTCR

Les cultures "dédiées" ... notamment aux bioénergies

Un contexte favorable à la valorisation de la biomasse

276 Mtep (millions de tonnes équivalent pétrole) ont été consommées en France en 2005 dont plus de la moitié est d'origine fossile. La consommation énergétique nationale augmente de 1,3 % par an en moyenne depuis 1990. Dans ce contexte, l'utilisation énergétique de la biomasse est appelée à croître de manière significative au cours des prochaines années. Les raisons sont à la fois économiques, sociales, environnementales et politiques.

Le texte de référence est la loi de programme du 13 juillet 2005 fixant les orientations de la politique énergétique (dit loi POPE) à 2010 en France. La Programmation Pluriannuelle d'Investissement (PPI) décline cette loi selon deux objectifs : thermiques et électriques. Ces textes s'inscrivent dans une orientation plus large au niveau de l'Union Européenne (UE) et de ses engagements au travers du protocole de Kyoto de réduire ses émissions de gaz à effet de serre de 8 % entre 2008 et 2010 par rapport au niveau atteint en 1990. De plus, l'UE s'est dotée d'objectifs ambitieux à horizon 2010 tels que produire 21% d'électricité à partir des

énergies renouvelables, ou atteindre 5,75 % (ou 7 % pour la France) d'incorporation de biocarburants dans les carburants transport.

La biomasse agricole et forestière, par nature renouvelable et neutre vis-à-vis du CO₂ (gaz carbonique), est reconnue comme une des voies possibles pour répondre aux différents objectifs définis par les autorités publiques.

Les recherches sur la production de biomasse ont aujourd'hui dépassé le stade expérimental et ont permis la mise en place de plusieurs parcelles dédiées en particulier à la valorisation énergétique. Cette Fiche Informations-Forêt présente deux exemples de ces cultures intensives dédiées :

- dans une première partie, les cultures forestières intensives de taillis à courtes et très courtes rotations (TCR et TTCR),
- dans une deuxième partie, les cultures agricoles énergétiques.

Les cultures forestières intensives de taillis à courtes et très courtes rotations

A partir des premiers chocs pétroliers des années 70, de nombreuses recherches sur la production de biomasse ligneuse ont été conduites par l'AFOCEL et l'INRA (Institut



National de la Recherche Agronomique). Diverses espèces ont été étudiées et des itinéraires techniques ont été évalués pour produire un maximum de biomasse par unité de surface et de temps (les données ci-après porteront sur des tonnes de matière sèche, t MS). Les techniques retenues s'inspirent des techniques agricoles :

- choix d'espèces et de variétés productives ;
- préparation soignée du terrain, fertilisation éventuelle ;
- contrôle de la végétation concurrente ;
- mécanisation des opérations de récolte.

■ Des exemples de sylvicultures dédiées

- Les TCR de peuplier et d'eucalyptus

Jusqu'à présent, l'objectif des plantations de TCR de peuplier et d'eucalyptus était de produire des billons de trituration utilisables en papeterie. Pour cet usage, les plantations sont réalisées à des densités de 1 000 à 2 000 tiges/ha. Les rotations (nombre d'années séparant deux coupes successives) sont de 8 à 10 ans. La récolte est mécanisée et s'apparente à une exploitation forestière classique (abatteuse et porteur). Les productivités atteignent 10 à 12 t MS/ha/an. Environ 75 % de la biomasse produite peut être valorisée en billons de trituration, les rémanents peuvent être abandonnés sur coupe ou valorisés en plaquettes (cf. FIF 734). Avec le développement des bioénergies, on peut envisager un scénario de déchiquetage d'arbres entiers, entièrement valorisés en plaquettes. Il est également possible de préconiser des itinéraires techniques totalement orientés vers la production de biomasse pour une valorisation énergétique. A ce jour, environ 400 ha de peupliers et 1 000 ha d'eucalyptus ont été plantés en TCR en France.

- Les TTCR de saule

L'objectif de ces plantations est de maximiser la production de biomasse. Les densités de plantation sont très fortes (plus de 10 000 tiges/ha) et les rotations courtes (2 à 3 ans). Les brins sont directement mis en plaquettes destinées à l'énergie. Incontestablement, la Suède fait figure de pionnier en matière de TTCR de saules puisque les surfaces avoisinent les 20 000 ha. En France, deux expériences régionales, dans le Nord-Pas-de-Calais et en Bretagne, s'inspirent du modèle suédois avec des surfaces de plusieurs dizaines

d'hectares. D'autres pays européens (Italie, Royaume-Uni, Pays-Bas), mènent des expériences similaires avec des peupliers. Les productivités annoncées pourraient atteindre 10 à 15 t MS/ha/an.

- Les autres espèces

Dans les années 80, avec le soutien financier de l'ADEME (Agence de Développement et de Maîtrise de l'Énergie), l'AFOCEL a entrepris l'installation d'un vaste réseau de plantations à croissance rapide, destinées à la production de biomasse. À côté des parcelles de peuplier, d'autres essences exotiques ont été testées, avec plus ou moins de succès, dans des sols souvent moins fertiles. Ces parcelles, qui font l'objet d'un suivi (visites, mesures), ont montré le bon comportement de *Sequoia sempervirens* (Séquoia) et de *Cryptomeria japonica* (Cryptomère du Japon). Aujourd'hui, ces parcelles arrivent, pour la plupart, au stade des premières éclaircies. Il serait opportun d'en tirer partie pour évaluer la biomasse totale qu'elles produisent.

■ L'intérêt des sylvicultures spécialisées

Les principaux points forts des cultures ligno-cellulosiques sont d'ordre économique et environnemental :

- produire beaucoup de biomasse par unité de surface, rapidement, dans un rayon proche du lieu d'utilisation reste un élément déterminant de la viabilité économique des différents projets. Quels que soient les types de récolte, les produits récoltés (billons, plaquettes, fagots¹...) et leur destination (énergétique ou matériau), des parcelles accessibles, d'une taille suffisante, récoltées en coupe rase, seront toujours les plus facilement mobilisables et fourniront une matière première à moindre coût ;
- avec relativement peu d'intrants et sans irrigation, ces cultures dédiées peuvent mettre en valeur les surfaces de jachères et contribuer à maintenir la qualité des sols. Elles peuvent également servir de champ d'épandage d'effluents et même présenter un intérêt direct en dépollution des sols (phytoremédiation).

¹ Il s'agit de fagots de rémanents déchiquetés sur une plate-forme hors forêt (cf. FIF 734).

La biomasse ligneuse est utilisée, de façon accrue directement par le bois-énergie ou, à plus long terme pour les biocarburants de deuxième génération.



Culture en TCR (Taillis à Courtes Rotations) de peupliers (1 000 à 2 000 tiges/ha, rotation 7 ou 8 ans).



Déchetage de brins entiers de TCR (Taillis à Très Courtes Rotations) de saules (15 000 tiges/ha, tiges de deux ans).

Les cultures agricoles dédiées

Du côté de l'agriculture, la recherche a été historiquement tournée vers l'utilisation alimentaire mais, depuis les années 90 (mise en place des jachères agro-industrielles), des travaux coordonnés en particulier par l'ONIDOL (filiale oléagineuse) et ARVALIS (filiale céréalière) ont mis en évidence le potentiel de valorisation des grandes cultures dans le domaine du non alimentaire (ex : sorgho fibre pour la pâte à papier ou transformation de l'huile végétale en ester carburant renouvelable).

Ainsi, les biocarburants actuels dits de première génération (bioéthanol et biodiesel), fabriqués à partir des graines oléagineuses (colza, tournesol) ou céréalières (blé, maïs) et des tubercules de betterave, sont à l'origine de la forte extension des surfaces agricoles à usage énergétique (près de 750 000 ha en 2006 en France).

Cependant, les enjeux énergétiques sont tels qu'ils amènent inévitablement à envisager une utilisation plus complète de la plante en considérant sa fraction ligno-cellulosique, autrement dit les pailles ou les plantes entières.

Pour des raisons technico-économiques, c'est la paille (partie restante après la moisson des graines) qui constitue aujourd'hui la biomasse ligno-cellulosique agricole majoritairement utilisée ou envisagée à court terme dans les filières énergétiques (chauffage collectif ou

unités de cogénération). Cependant, le gisement disponible en paille pour l'énergie (3,5 t MS/ha/an récoltables), est limité à la fois par le besoin d'en réserver une partie aux marchés traditionnels de l'élevage et par les contraintes de retour au sol de matière organique. Ainsi, sur environ 30 millions de tonnes de paille de céréale produite par an en France on estime à 4 à 5 millions de tonnes au maximum la quantité de paille qu'il serait possible de collecter pour l'énergie. C'est pourquoi l'utilisation de cultures dédiées récoltées en plantes entières élargit les possibilités avec un rendement accru de biomasse par hectare.

Les cultures dédiées peuvent être séparées en deux grands groupes, les cultures annuelles et les pluriannuelles.

■ Les cultures annuelles

Ce sont des cultures semées et récoltées tous les ans. On distingue les cultures annuelles d'hiver et les cultures annuelles d'été.

- **Les annuelles d'hiver** sont semées à l'automne et récoltées l'été suivant. Le triticale est un bon exemple de culture dédiée. Cet hybride naturel entre le blé tendre et le seigle allie une production de paille et de grain importante avec une tolérance accrue aux maladies. Sa récolte peut être réalisée en sec (à 15 % d'humidité environ), sous forme de balles de plantes entières avec du matériel existant (équipement de fauchage et presse) et sa conservation ne pose pas de problème.

Les rendements varient suivant les potentiels de sol et le climat entre 8 et 16 t MS/ha/an avec une moyenne autour de 10 à 12 t MS/ha/an.

- **Les annuelles d'été** ont un cycle plus court, elles sont semées au printemps et récoltées en fin d'été ou début d'automne. Ces cultures telles que le maïs ou le sorgho valorisent bien les hautes températures et l'eau. Les plantes sont récoltées vertes (25 à 35 % de matière sèche), leur conservation se fait par voie fermentaire (ensilage). Leur utilisation en tant que culture énergétique passe donc plutôt par des procédés en voie humide (méthanisation -développée en Allemagne-, futurs biocarburants par voie biochimique). Les rendements actuels sont de 15 à 20 t MS/ha/an environ suivant les milieux et les disponibilités en eau.

■ Les cultures pluriannuelles

Ces cultures de type herbacé sont implantées pour plusieurs années et récoltées une ou plusieurs fois par an. L'absence de travail du sol au cours de la production a un impact positif sur la gestion du carbone et des matières organiques ainsi que sur le bilan énergétique.

Certaines, telles que la fétuque ou la luzerne, sont connues et techniquement maîtrisées pour leur valorisation en alimentation animale. Les implantations sont réalisées pour 3 à 10 ans. Les potentiels sont de l'ordre de 8 à 10 t MS/ha/an en plusieurs coupes avec un

faible niveau d'intrants. La quantité de matière et les coûts de la récolte déterminent le nombre de coupes.

D'autres espèces "nouvelles" font l'objet d'investigations aux niveaux international et national. Le miscanthus et du switchgrass (*Panicum virgatum*) semblent particulièrement prometteuses. Implantées pour une quinzaine d'années, elles se récoltent une fois par an en fin d'hiver (mars) dès la 2^o ou 3^{ème} année suivant l'implantation. La récolte, en vrac (produit broyé peu dense) ou conditionnée en balles de haute densité exigerait peu d'adaptations de matériels. Les potentiels de rendement sont encore mal connus tout comme les besoins en eau et en éléments fertilisants, la faisabilité de la récolte et le retour en culture classique des parcelles. Tous ces paramètres sont actuellement étudiés par le GIE ARVALIS/ONIDOL (Groupement d'Intérêt Economique entre les filières céréalière et oléagineuse).

D'autres espèces présentent un intérêt et sont investiguées en France : la canne de Provence (*Arundo donax*), le phalaris, la phragmite...

Le choix des cultures énergétiques à mettre en place dans un contexte de milieu et pour une transformation énergétique donnés se fera sur les caractéristiques techniques et technologiques de chacune d'elles ainsi que sur leurs bilans économique, énergétique et environnemental. Enfin, les modalités d'insertion de ces cultures dans les systèmes seront également un facteur important de leur développement dans les exploitations agricoles.

Les culture pérennes récoltées annuellement ou cultures annuelles permettront de produire de la biomasse agricole à des fins non alimentaires.



Bretagne, récolte de Miscanthus en vrac avec une ensileuse (avril 2007, 3^{ème} année suivant la plantation).



Culture de sorgho fibre récoltée à l'ensileuse dans le Tarn (août 2006).

CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

■ Une évolution de la demande qui ne pourra être satisfaite que par de nouvelles plantations

Des chiffres comme ceux livrés par Claude Roy, coordinateur interministériel pour la valorisation de la biomasse, tracent des perspectives prometteuses pour la biomasse en France :

- la consommation de bioénergies était de l'ordre 11 Mtep/an en 2006,
- sans menacer les filières alimentaires, matériaux ou les sols, le potentiel français serait d'environ 20 Mtep à l'horizon 2010/2015 et de 40 Mtep/an vers 2040/2050,
- à l'horizon 2040/2050, 6 à 8 millions d'hectares agricoles et forestiers seraient ainsi dédiés, dont la moitié pour les biocarburants.

C. Roy conclut que "l'agriculture et la sylviculture de production sont au cœur de notre Futur !", autrement dit on ne fera face à la demande en énergie qu'en développant des cultures dédiées pour lesquelles un potentiel encore inexploité existe.

Il faut rester prudent quant aux rendements parfois considérés pour faire ces calculs de long terme, et bien souvent estimés autour de 6,5 tep/ha/an (soit 18-20 t MS/ha/an). Il est sans doute plus raisonnable, comme le fait C. Roy, de tabler sur une productivité moyenne de 12-13 t MS/ha/an pour les projets de développement de cultures énergétiques dédiées qui, au-delà de 2010, ne devraient pas manquer de se mettre en place à grande échelle autour des futures unités de production d'énergie à partir de biomasse.

Un certain nombre d'inconnues subsiste dans les choix d'allocation des terres dans les exploitations agricoles et la place qui pourra être faite aux cultures énergétiques dédiées. De même, pour ce qui concerne les TCR et TTCR, il faudra certainement élargir le champ d'analyse à d'autres surfaces comme les

espaces forestiers. Occupation des sols, productivité, coût et durabilité de ces nouveaux systèmes de production conditionneront l'offre réelle de biomasse. Mais cela ne suffira pas, il faudra aussi s'assurer d'une organisation efficace de la mobilisation de la biomasse et de "l'acceptabilité sociale" de ces nouvelles filières biomasse-énergie à l'échelle des territoires. Un large champ de recherche et développement s'est ainsi ouvert à nos organismes.

■ La recherche s'intensifie sur les cultures énergétiques dédiées

Pour accompagner les mutations en cours, l'Agence Nationale de la Recherche finance le Programme National de Recherche sur les Bioénergies (PNRB) piloté par l'ADEME. FCBA-AFOCEL et le GIE ARVALIS/ONIDOL en bénéficient avec deux projets multi partenariaux de trois ans (REGIX et ECOBIOM, 2005-2008) ayant trait en partie aux cultures dédiées (pour plus d'information, cf. FIF n°749). En complément de ces grands projets nationaux, FCBA-AFOCEL comme le GIE ARVALIS/ONIDOL sont engagés dans plusieurs autres études d'envergure régionale ou nationale sur ces thématiques biomasse à destination énergétique.



Tarn, 2004, récolte de triticale en plante entière (fauchage et andainage en une opération avec une barre de coupe spécifique puis pressage en balles haute densité).

Pour en savoir plus

De Morogues F., da Silva Perez D. (2007)
Biocarburants : enjeux et perspectives pour la filière bois, Fiche Informations-Forêt, n° 721.

Seuillot-Lévêque L., Le Net E., Ginet C., Grulois S., de Morogues F. (2007)

Bioénergies : des actions de recherche pour donner sa juste place au bois. Fiche Informations-Forêt, n° 749.

Laurier JP, De Morogues F. (2006)

Quel approvisionnement pour les industries du bois énergie ? ", Fiche Informations-Forêt n° 734

ITCF (1998)

Le Sorgho Fibre : Où ? Comment ? A quel Prix ?
Compte Rendu d'étude des travaux réalisés avec le soutien financier de l'ADEME (Convention n° 96 01 027) 1998 ; 31p.

ITCF/ADEME (1998)

Fiches " Les cultures lignocellulosiques et herbacées pour la production de biomasse à usage non alimentaire " – consultable sur le site <http://www.ademe.fr>

Bordes J.P., Chaihne B, Le Quiniou V., Gatel P. (1997)

Etude d'une culture de triticales sur jachère non alimentaire en vue d'utiliser la plante entière comme biocombustible ; Chambre d'Agriculture de Seine et Marne et ITCF.



Jeunes peupliers cultivés à forte densité (TTCR) en début de 2^{ème} année de croissance.

Alain BERTHELOT
AFOCEL Nord-Est
route de Bonnencontre
21170 Charrey-sur-Saône
Tél. : 03 80 36 36 20
Fax : 03 80 36 36 44
E-mail : alain.berthelot@fcba.fr

Elisabeth LE NET
FCBA - Laboratoire Energie
Economie et Prospective
Domaine de l'Étançon
77370 Nangis
Tél. : 01 60 67 00 35
Fax : 01 60 67 00 36
E-mail : lec@fcba.fr

Françoise LABALETTE
GIE Arvalis/Onidol
Tél. : 01 40 69 48 53
E-mail : f.labalette@prolea.com

Sylvain MARSAC
GIE Arvalis/Onidol
Station Inter-Instituts
6 chemin de la côte vieille
31 450 Baziège
Tél : 05 62 71 79 39
Fax : 05 62 71 79 40
E-mail : s.marsac@arvalisinstitutduvegetal.fr

E-mail : s.marsac@arvalisinstitutduvegetal.fr

ISSN : 0336-0261



INSTITUT TECHNOLOGIQUE