

BIOMASSE – ÉNERGIE – CLIMAT

de la photosynthèse à la bio économie



Tome 1 : « L'énergie des champs »

Éditorial

Ce siècle ne s'achèvera pas sans de puissants bouleversements mondiaux liés principalement aux changements climatiques et à l'économie des ressources naturelles de notre planète qui pourrait compter plus de neuf milliards d'habitants.

La question relative aux sources d'énergie, qui a été et reste un facteur commun de toutes nos stratégies de développement, appelle plus particulièrement et dès à présent des réponses qui puissent allier beaucoup de sobriété, d'intelligence et d'innovations pour construire un futur durable pour tous. Or, singulièrement, une part importante de ce futur énergétique et climatique dépend d'une valorisation accrue et vertueuse des fruits de la photosynthèse.

La biomasse pèse environ 5 % du marché de l'énergie, de la chimie et des matériaux. Elle atteindra probablement 10 % de ces marchés en 2020-2025 et même 20 % ou plus vers le milieu du siècle.

Bien entendu, de tels enjeux ne sont pas sans contraintes, ni sans obligations. Ils nous imposent de rechercher partout une production durable et une mobilisation efficace de la biomasse et des bio-déchets. Ils impliquent une gestion raisonnée, mais très productive, des terres et des forêts. Ils exigent enfin que des règles soient édictées et respectées pour une allocation équilibrée des bio-ressources entre leurs différents usages prioritaires, notamment alimentaires.

Tel est le cheminement proposé dans ce numéro spécial **Biomasse – Énergie – Climat**, scindé en deux tomes, « L'énergie des champs » suivi de « L'énergie des bois », qui explore cette nouvelle voie de la photosynthèse à la bio économie.

Ce numéro est le fruit de l'engagement du CGAAER, depuis de nombreux mois, sur ces questions sociétales. Les réflexions vont se poursuivre avec notamment le projet d'organiser en 2012 un colloque ouvert sur ce thème.

Jacques Brulhet

Vice-président du CGAAER
Conseil général de l'alimentation,
de l'agriculture et des espaces ruraux

Sommaire

- 2 Éditorial
- 3 Les renaissances du carbone vert
- 6 L'énergie des champs
- 7 Libérer les énergies de l'agriculture et des industries agroalimentaires
- 11 Bio-déchets et structure des sols : un enjeu majeur
- 13 Energies renouvelables et nouvelles cultures
- 16 De l'agriculture à la « moléculture » les bio-raffineries, les biocarburants et la chimie du végétal
- 22 Focus : valorisation de la biomasse à la Réunion
- 23 De l'eau et des terres
- 27 Conclusion du tome 1
- 27 Bibliographie



Les renaissances du « carbone vert »

Claude Roy

Il est temps, vraiment, de s'intéresser de près à la branche sur laquelle nous sommes tous assis !

Elle se craquelle, elle se fend de toutes parts, surchargée de trop de démographie et de trop de consommation.

Oui, comme l'affirme Philippe Chalmain, « nous sommes désormais entrés dans un monde fini ».

La bio-économie, c'est très compliqué et très simple à la fois

La bio-économie, c'est l'économie du vivant. C'est la culture renaissante et vertueuse du « carbone vert » !

C'est très simple en effet, car avec l'utilisation de l'eau et du vent, la bio-économie a alimenté dix mille ans de développement lent, prudent et raisonné de l'espèce humaine. La biomasse et la bio-économie sont en effet partout sur la planète, partout dans nos vies quotidiennes. Manger, se chauffer, s'équiper, s'abriter sont les véritables « fondamentaux » de notre condition humaine, mais nous les avons tellement banalisés qu'ils nous paraissent aujourd'hui aller de soi. Sont-ils pour autant réellement acquis, en 2011, pour un milliard d'hommes en souffrance sur cette Terre ? Seront-ils garantis demain à chacun d'entre nous ?

Mais la bio-économie, c'est aussi très compliqué car tout ce qui la concerne est de nature tentaculaire et « systémique ». Les bio-ressources sont infiniment variées et leurs usages comme leurs marchés se diversifient chaque jour : de l'alimentation aux matériaux, des engrais organiques à l'énergie, de la chimie aux carburants...

L'agriculture et la sylviculture : les leviers anti-effet de serre

A notre époque où chacun s'interroge sur l'épuisement de la « caverne d'Ali Baba » (pétrole, gaz, charbon, uranium) **nous commençons à réaliser que la terre, l'eau et le soleil seront bientôt les principales ressources ultimes de notre planète.**

Alors les regards se tournent vers les filières renouvelables de l'agriculture et de la forêt, les seules qui puissent agir simultanément et positivement sur les trois leviers « anti-effet de serre » possibles que sont la sobriété des systèmes, leur caractère renouvelable et les puits de carbone, retardateurs des échéances climatiques.

Les défis critiques du siècle

Population mondiale : 1800 : 1 milliard
1960 : 3 milliards
2010 : 7 milliards
2040 : 9 milliards
(prévision de l'ONU)

Eau douce

Elle représente 3 % des ressources planétaires, très mal réparties et vulnérables.

Surfaces agricoles mondiales cultivées

1950 : 0,5 ha/hab. (hectare par habitant)
1970 : 0,4 ha/hab.
1990 : 0,3 ha/hab.
2040 : 0,1 ha/hab. (tendance)

Réserves énergétiques conventionnelles

(au rythme actuel de consommation... qui continue de croître)

Pétrole : 40 à 50 ans
Gaz : 60 à 70 ans
Charbon : 200 à 300 ans
Uranium : 80 à 100 ans (*échéances pouvant être différées grâce à la surrégénération*)

Effet de serre

7 milliards de tonnes de carbone émises chaque année dont 3 seulement sont réabsorbées par l'écosphère.

La mutation, qui s'annonce pour l'agriculture et la sylviculture françaises, européennes et mondiales, est titanique.

Demain, c'est peut-être un tiers du potentiel agricole et forestier mondial qui pourrait être tourné vers ces nouveaux marchés et ces nouveaux usages du « carbone vert » végétal que sont l'énergie, les matériaux et la chimie du « renouvelable », même si l'alimentation en restera le débouché prioritaire, vital et incontournable.

Produire plus, et partout, de manière performante et sobre, en respectant les sols, les ressources en eau et l'équilibre des écosystèmes... le tout probablement sous des climats changeants !

La France a déjà fait, notamment depuis 2003, ce pari de la « bio-économie » et du développement des bio-filières

Ce choix vise à réduire l'empreinte carbone de l'économie française, à conforter l'indépendance énergétique du pays, à trouver les voies d'une nouvelle croissance ainsi qu'à ouvrir à l'agriculture et à la sylviculture, comme à leurs filières de transformation, de nouveaux marchés diversifiés tout en favorisant l'innovation, l'emploi et le développement des territoires.

Mais ce choix est indissociable d'une obligation non négociable d'économies dans nos consommations, y compris en agriculture, en forêt et dans leurs filières de transformation.

Les valorisations de ce « carbone vert » alimentent ainsi d'ores et déjà environ 5 % des marchés globaux de l'énergie, de la chimie et des matériaux, et même bien davantage pour le bois et le papier. Un objectif de 10 % de parts de marchés est visé en 2020, où ces filières sont appelées à satisfaire 60 % de nos ambitions « renouvelables » dans le cadre du [Paquet "énergie-climat"](#) européen.

Plus tard, à l'heure de « l'après pétrole », vers 2040-2050, ce seront peut-être 20 à 25 % de ces marchés qui pourraient être alimentés par la biomasse, toujours dans une logique de maîtrise « sobre » des consommations et de gestion durable, donc efficace et productive, des terres et des forêts.

La montée en puissance des bio-filières est dès à présent spectaculaire...mais elle appelle une mobilisation accrue et équilibrée de tous les gisements de ressources, ainsi que beaucoup de créativité.

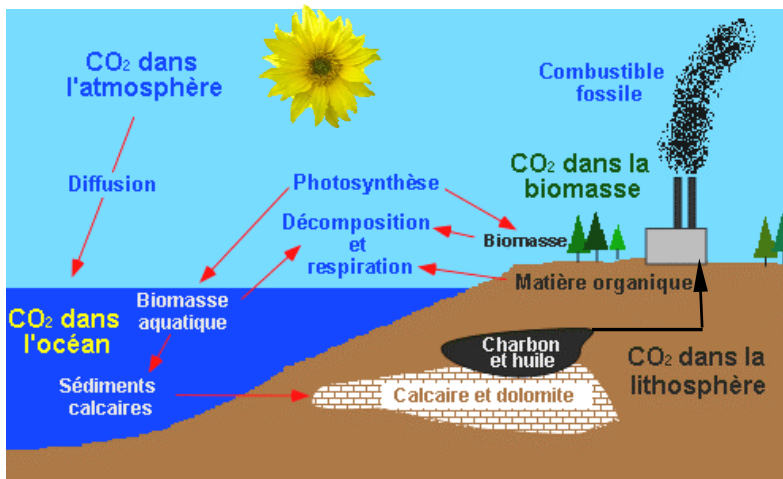
Un immense champ pour les innovations

La bio-économie offre d'autant plus de potentiels d'innovation qu'elle a été négligée pendant un siècle dans la production et la mobilisation des ressources, dans l'évolution des procédés, des méthodes, des logistiques et des contractualisations, dans les investissements industriels ou dans le marketing de ces nouveaux produits.

Cette nouvelle croissance verte fait déjà l'objet d'une concurrence internationale intense dans les domaines du « savoir » et du « savoir-faire », mais aussi, plus récemment, dans celui du « faire-savoir » ! C'est donc un véritable défi stratégique d'avenir pour la France, qui fait lourdement écho aux objectifs de compétitivité durable et d'emploi visés par le Gouvernement, à travers notamment le programme d'[investissements d'avenir](#).

D'importantes externalités positives

Les filières de valorisation de la biomasse sont variées, sobres, riches en emplois et en développement territorial, motrices dans la substitution et la séquestration du carbone... En outre, si le coût des bio-énergies et des bio-produits reste encore, en apparence, plus élevé que celui de leurs concurrents d'origine fossile, ce surcoût n'est que relatif.



Le cycle du carbone (source : traduit de Physicalgeography.net)

Prévenir les causes et pallier les effets du changement climatique

C'est à la fois :

- réduire les émissions de carbone de 7 à 3 Mds t/an ! (et les diviser par quatre dans les pays développés ; c'est le « [facteur 4](#) »),
- augmenter le stock de carbone stable de la planète pour gagner du temps sur la dérive de l'effet de serre.

Trois voies seulement sont possibles :

- Voie n°1 : économies d'énergie et de matières premières = sobriété (dont la biomasse).
- Voie n°2 : substitution des sources d'énergie et de matières premières fossiles par des solutions « sans carbone » (dont la biomasse).
- Voie n°3 : séquestration du carbone (dont la biomasse et les sols).

Contrairement aux produits renouvelables, les produits de source épuisable et fossile ne supportent en effet, et pour cause, aucune dépense liée au renouvellement de leurs gisements et de leurs ressources.

Toutes ces perspectives sont bien réelles et prometteuses.

- Les matériaux « traditionnels » (bois-matériaux, pâtes et papiers, panneaux et bois reconstitués, textile, caoutchouc...), ainsi que leurs filières de recyclage (vieux papiers, bois de récupération...), sont véritablement le « socle » actuel de la valorisation non-alimentaire de la biomasse. Ils disposent encore de marges de développement, de progrès et d'innovation considérables.
- Les « néo-biomatériaux » (bio-plastiques, bio-composites fibreux...) seront appelés à concurrencer à terme la plupart des matériaux *dits* « classiques », qui

sont trop énergivores (plastiques, acier, aluminium, fibres minérales, et même le béton...), dès lors que leurs technologies et leur compétitivité seront pleinement maîtrisées.

- Les « bio-molécules » de la « chimie du végétal » (solvants, lubrifiants, tensioactifs, intermédiaires chimiques...) viennent dès à présent élargir et diversifier les filières chimiques traditionnelles « du vivant » (savonnerie, amidon, pharmacie, chimie fine, parfumerie...) mais ne pourront pleinement se développer qu'avec un effort intense d'innovation.

Les biocarburants sont désormais « certifiés » en regard de critères européens de « durabilité », cas unique au monde.

- Les « biocarburants » sont issus de la transformation thermo-chimique ou biotechnologique de la biomasse agricole, et bientôt de la cellulose au sens large. Ils offrent des bilans énergie-carbone très performants, malgré les polémiques. Leurs co-produits sont en outre particulièrement précieux, notamment dans l'alimentation animale. Les technologies de 2^{ème} et 3^{ème} génération (à base de cellulose ou de bio-méthane, puis de micro-algues) ne sont encore qu'au stade de la recherche mais avec un potentiel de développement significatif à terme.

- La chaleur d'origine « biomasse » répond aux besoins industriels, agricoles, collectifs et urbains (réseaux de chaleur). Cette filière peut être considérée comme mature au plan technologique et en voie de développement massif.

- La chaleur d'origine « biomasse » pour les besoins domestiques (bois bûche, granulés et agro-pellets) est la filière énergétique de valorisation, actuellement majoritaire, de la biomasse. C'est également une filière mature mais qui peut encore progresser par la promotion de bio-combustibles innovants.



Bois bûche

- L'électricité d'origine « biomasse » est un sous-produit de la vapeur, ou du bio-gaz, obtenu en cogénération grâce à des turbines ou des moteurs. La technologie à base thermique est mature mais, en revanche, la maîtrise de la gazéification ou de la pyrolyse « efficaces », qui est un enjeu d'importance stratégique, justifiera encore d'importants investissements en recherche-innovation.

- Le gaz de méthanisation (bio-gaz) issu de sous-produits organiques peut être valorisé en chaleur, en électricité, en gaz combustible ou en biocarburant (bio-méthane). Ces technologies doivent encore évoluer et nécessitent des recherches technologiques non négligeables justifiées par leur important potentiel.

- Les engrais et amendements organiques sont certes connus (composts), mais ils doivent encore être améliorés, normalisés et vulgarisés (méthacomposts, cendres...) pour révéler pleinement leur valeur fertilisante face à leurs concurrents minéraux et pour se développer à hauteur des enjeux agronomiques et environnementaux (y compris à l'exportation).

Prévenir et maîtriser les conflits d'usage entre les multiples ressources et filières de la biomasse, alimentation et matériaux compris, est donc plus qu'une nécessité : c'est un devoir, pour éviter de « scier la branche » sur laquelle nous sommes tous assis !

Malgré les progrès technologiques, mais aussi grâce à eux, la terre, la forêt et ceux qui les cultivent ont décidément bien des leçons encore à nous faire réviser !

[Retour au sommaire](#)

Les chiffres de la biomasse en France

13,4 Mtep/an de bioénergies soit 5 % du bouquet énergétique ... plus le reste !

- 6,6 Mtep/an (26 Mt/an) de bois énergie domestique
- 3 Mtep/an (12 Mt/an) en chaufferies et par cogénération
- 1,2 Mtep/an par bio-incinération
- 2,3 Mtep/an (5,5 % ; 1 Mha) de bio-carburants
- 0,3 Mtep/an de bio-gaz

... et en plus

- 330 Mt/an d'amendements organiques à épandre
- 25 Mm³/an de bois d'œuvre
- 15 Mt/an de bois d'industrie
- 500 000 ha pour la chimie du végétal et les néomatériaux
- 50 000 ha pour le textile
- 20 000 ha pour la pharmacie et spécialités, etc.

Une tep
(tonne d'équivalent pétrole)

c'est environ :
11 620 Kwh
ou 7,5 barils de brut
ou 4 tonnes de biomasse
ou 4 tonnes de CO₂.

Un logement standard consomme environ une tep/an.



L'énergie des champs

L'agriculture, la pêche, l'agro-industrie et les bio-déchets, comme la forêt, participent tous aujourd'hui à la transformation « intelligente » de l'énergie du soleil en molécules hydrocarbonées stockables et renouvelables. La plupart d'entre elles sont comestibles, mais toutes sont également à la base de matériaux ou de polymères, et elles constituent parallèlement des « puits » de carbone et des réservoirs d'énergie.

Certes, la production, la récolte et la transformation de ces « bio-produits » consomment aussi de l'énergie, mais généralement avec une grande sobriété et de remarquables éco-bilans comparativement aux filières traditionnelles de l'ère industrielle.

Dans le même temps, grâce à la photosynthèse, les productions des champs sont des « pompes à carbone atmosphérique » naturelles. Ce que les filières émettent d'un côté, les productions végétales le réabsorbent de l'autre, et en plus, elles stockent transitoirement le carbone. Les bio-filières fonctionnent donc comme de véritables amortisseurs de l'effet de serre et comme des remparts contre la dérive climatique de notre planète.

Ceci explique, pour 2020 et au-delà, les ambitions majeures en termes de « carbone vert » qui sont désormais celles de la France et de nos sociétés, confrontées à la raréfaction certaine des ressources fossiles et aux dangers probables du climat.

Claude Roy

La feuille de route globale du « carbone vert »

Les objectifs pour les filières de la biomasse, sont d'atteindre :

en 2010, 5 % des marchés énergie/chimie/matériaux (situation actuelle),

en 2020, 10 % de ces mêmes marchés (Grenelle - [Paquet "énergie-climat"](#)),

en 2050, 20 % de parts de marchés et de contribution à « l'après pétrole »...

... voire davantage selon notre propre « sobriété ».

[Retour au sommaire](#)

Libérer les énergies de l'agriculture et des IAA

(Industries agroalimentaires)

Jean Jaujay

Une tep

(tonne d'équivalent pétrole) équivaut environ à 11 620 Kwh ou 7,5 barils de brut ou 4 tonnes de biomasse ou 6 tonnes de biodéchets ou 4 tonnes de CO₂ ou 1 tonne de carbone.

273 Mtep/an

c'est la consommation énergétique primaire française, dont 114 Mtep viennent du nucléaire 89 Mtep du pétrole (moitié va aux transports, 15 % à la chimie et 35 % comme combustible) 39 Mtep du gaz 12 Mtep du charbon 19 Mtep des renouvelables dont 13,4 Mtep sont issus de la biomasse.

L'énergie la moins chère est celle que « l'on ne consomme pas ».

En effet, la rentabilité des investissements pour réduire la consommation d'énergie est généralement plus élevée que celle d'investissements consentis pour produire de l'énergie, fût-elle renouvelable.

La consommation énergétique directe de l'ensemble de l'agriculture française est estimée à 3,7 Mtep/an et celle des IAA (industries agroalimentaires) à 5 Mtep/an, soit respectivement 1,4 % et 1,8 % de la consommation nationale d'énergie primaire (273 Mtep/an).

L'énergie directe consommée par l'agriculture, dont les 2/3 le sont sous forme de fuel et de carburants, pèse pour 6 % des charges des exploitations agricoles. Elle est en augmentation constante, compte tenu de l'évolution des prix de l'énergie. A cela s'ajoutent les consommations indirectes (pour la fabrication des intrants, en particulier celle des engrais azotés...) qui s'élèvent à 10 Mtep/an.

Selon les statistiques de 2005, les IAA ont une émission brute de 15 Mt de CO₂/an, soit 3,5 % des émissions françaises de GES (Gaz à effet de serre) tandis que celles de l'agriculture sont affichées, par convention¹, à 105 Mt d'équivalent CO₂ (méthane et N₂O compris), soit 20 % des émissions nationales (le 3^{ème} rang derrière le transport et les industries). Mais l'agriculture, émettrice brute de GES, n'est qu'une faible contributrice nette car elle fournit, en contrepartie, des productions renouvelables ainsi que des capacités continues de stockage du carbone atmosphérique dans les productions végétales, via la photosynthèse. Elle séquestre aussi massivement du carbone dans les sols, via la matière organique stable qu'ils contiennent (40 à 60 tonnes de carbone par hectare).

L'agriculture et les IAA ont donc une forte capacité à contribuer aux objectifs de maîtrise de la consommation énergétique, de production d'énergies ou de matériaux renouvelables et sobres, et de développement des « puits de carbone ». Tous ces objectifs sont désormais fixés dans le cadre de politiques énergétiques et climatiques, nationales et communautaires.

Les contributions de l'agriculture

Dans chaque exploitation agricole, la priorité doit d'abord porter sur l'économie des consommations d'énergie à tous les niveaux.

La production et l'utilisation d'énergie renouvelable (biomasse, chaleur et électricité, méthanisation, biocarburants, photovoltaïque, éolien) peut avoir pour objectif de satisfaire les besoins internes de l'exploitation ou/et la mise sur le marché de l'énergie produite (électricité...) ou des bio-combustibles récoltés (agro-pellets...), en fonction des valorisations offertes. Mais le plus souvent, vus les marchés concernés, l'exploitation agricole sera conduite, comme dans le cas des biocarburants, à entrer dans une stratégie globale et collective de filière, à travers une production mixte et dédiée de matières premières livrables alternativement sur les marchés massifs de l'alimentation, des carburants, de la co-génération ou de la chimie.

L'efficacité énergétique et environnementale des exploitations agricoles repose en particulier :

- sur la poursuite de la maîtrise des fertilisations azotées, le développement de nouvelles pratiques agricoles, la réduction de la consommation de fioul (ou de gaz pour les serres) ;
- sur la valorisation possible et raisonnée des potentiels du biogaz, du solaire et de la biomasse.

Connaître analytiquement les consommations énergétiques directes et indirectes des exploitations agricoles est un préalable à la définition de programmes d'action, individuels ou collectifs, et au suivi de leur exécution. Une enquête périodique (3 ou 5 ans) sur la consommation énergétique « fine » des exploitations s'impose donc, à l'exemple de ce qui existe pour d'autres secteurs (industries...).

Aujourd'hui, des méthodes de diagnostic et de bilan énergétique du système de production (de type Planète 2) permettent déjà d'analyser la situation au niveau de l'exploitation et de simuler les conséquences d'actions tant sous l'aspect énergétique que sous celui de l'économie et du revenu de l'exploitation. C'est un outil pertinent, mais uniquement micro-économique, d'aide à la décision.

Le développement par l'ADEME (Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie), avec l'appui des centres techniques spécialisés, d'un outil performant d'aide à la décision autoriserait une approche plus globale et déconcentrée des enjeux et des décisions si cet outil permettait, au niveau du territoire (petite région, parc naturel...), d'analyser les impacts énergétiques des investissements envisagés par les acteurs locaux (agriculteurs, entreprises, filières, collectivités).

¹ les émissions de l'agriculture sont, par convention, les seules activités économiques, qui ne déduisent pas les émissions naturelles ou pré-anthropiques, très importantes, préexistant avant l'agriculture.

Les actions identifiées comme efficaces et les potentiels à exploiter concernent aussi bien les consommations directes que les indirectes.

Réduire les consommations indirectes d'énergie

Les engrais azotés minéraux représentent près de 50 % des dépenses d'énergie indirectes de la filière agricole. L'enjeu est donc d'autant plus important que s'y ajoutent les aspects économiques (avec la hausse structurelle des prix de ces engrais, liée au prix du gaz) et environnementaux (risques de pollution de l'eau et des nappes). En 2007, le [CORPEN](#) (Comité d'orientation pour des pratiques agricoles respectueuses de l'environnement) estimait que globalement les épandages d'azote dépassaient de plus de 700 000 tonnes les besoins. Le ratio admis d'une tep consommée pour une tonne d'azote minéral fabriqué (valable pour les usines les plus performantes) positionne l'enjeu énergétique de réduction de la fertilisation azotée à 700 000 tep/an.

L'intérêt économique bien compris des agriculteurs, la poursuite du développement des bonnes pratiques et la mise en place progressive d'une [certification environnementale des exploitations agricoles](#) doivent permettre de mieux raisonner, de réduire ces épandages, minéraux ou organiques, sans handicaper le système de production.

La réduction des doses d'engrais minéraux azotés, la pratique de cultures intercalaires et la réintroduction des légumineuses dans l'assolement sont des sources immédiates d'économie d'énergie indirecte importantes au même titre que l'épandage d'effluents, de digestats ou de composts.

Réduire les consommations directes d'énergie

Les techniques culturales « sans labour »

Expérimentées en France depuis les années 60, ces techniques limitent le travail du sol par regroupement d'outils pour assurer deux ou trois opérations en un seul passage ou par du semis direct (avec une préparation superficielle très sommaire du sol juste sur la ligne de semis).

Elles présentent un intérêt agronomique (freinage de la minéralisation des matières organiques, limitation du lessivage, des phénomènes d'érosion, vie microbienne des sols plus riche...) mais la formation de paillis (mélange de terre et de débris végétaux) peut favoriser les parasites et rendre plus difficile la maîtrise des adventices tout en limitant un peu les rendements.

Leur intérêt économique incontestable est cependant très variable selon la nature du sol et des cultures. L'INRA, l'ADEME et les Instituts techniques poursuivent des évaluations et des recherches sur ces techniques.



Mieux régler les tracteurs et machines représente un enjeu énergétique global de 200 000 tep/an, modulable en fonction du rythme des diagnostics effectués.

Le réglage des tracteurs

La consommation de fioul par les tracteurs et engins agricoles (2 Mtep/an) est l'une des plus importantes sources de dépenses d'énergie directe dans l'exploitation.

Des bancs d'essais mobiles permettent un diagnostic précis de l'état du moteur (couple, puissance, consommation horaire, débit de pompe d'injection). Le [Plan de performance énergétique](#) des exploitations agricoles a porté à seize le nombre de plate-formes régionales d'essai, permettant ainsi de réaliser 30 000 diagnostics par an.

La synthèse des diagnostics antérieurs a montré que 50 % des tracteurs testés avaient une suralimentation en carburant, que 40 % étaient surpuissants (risque d'usure et de surconsommation) et que 20 % présentent une mauvaise combustion.

Au niveau de l'exploitation, le diagnostic coûte environ 100 € HT, amortis en un à deux ans grâce aux économies de carburant, au prix indicatif du fioul agricole après réduction fiscale (0,55 €/l en France).

Chauffe-eau solaire

La technologie de la production d'eau chaude par capteurs thermiques solaires, largement diffusée par l'ADEME auprès du grand public, est applicable aux besoins d'eau chaude sanitaire et de chauffage des habitations et bâtiments d'exploitation, essentiellement dans l'élevage.

D'une utilisation simple, valorisant les superficies offertes par les toitures, le chauffe-eau solaire (panneaux solaires thermiques) requiert cependant une source d'énergie d'appoint en saison froide.

Les économies en salle de traite

En salle de traite, trois postes principaux sont consommateurs d'électricité et d'énergie : la machine à traire (pompe à vide), le refroidissement du lait et la production d'eau chaude sanitaire. Globalement, ces consommations sont estimées à 120 000 tep/an. Des économies de l'ordre de 20 à 30 % sur chaque poste sont techniquement possibles mais le temps de retour sur investissements est long (5 à 10 ans) et pénalise les petites exploitations.

Le parc de tracteurs est estimé à 1,25 million, dont 500 000 de plus de 80 CV.

Soutenue par les [certificats d'économies d'énergie](#), la technologie qui récupère la chaleur du lait en le refroidissant est, par exemple, très intéressante.

Les bâtiments économes en énergie

La consommation énergétique des bâtiments d'élevage (chauffage, ventilation...) est estimée à 300 000 tep/an. Pour les bâtiments actuels, il existe des équipements qui permettent d'économiser l'énergie (isolation, étanchéité, talutage, régulation de la température et de l'hygrométrie, système d'échange de chaleur et de pompe à chaleur, recours à des énergies renouvelables). Pour les constructions neuves, ces mêmes équipements sont utilisables tout comme la « construction bois » dont la performance thermique est désormais avérée.

L'utilisation rationnelle de l'énergie dans les serres

Chauffer les serres consomme environ 500 000 tep/an, (2 à 3 MWh/ha), dont plus des 2/3 en gaz naturel, 14 % en fioul lourd et 12 % en fioul domestique. Le prix de l'énergie représente 20 à 40 % des coûts de production. Compte tenu de l'augmentation continue du prix des énergies fossiles, les serristes ont bénéficié d'aides fiscales et de subvention (État et Union européenne) pour leurs investissements en économie d'énergie.

Une étude conduite sous l'égide de l'ADEME met bien en évidence deux nécessités :

- la diffusion des innovations performantes dans le parc de serres existant :
 - mise en place d'écrans thermiques pendant la nuit et isolation des parois latérales par film plastique,
 - récupération de chaleur sur les fumées de combustion, et mise en place de ballons de stockage d'eau chaude,
 - gestion centralisée du climat par ordinateur.

- la recherche de solutions d'avenir pour une nouvelle génération de serres, dont la localisation auprès de sources de chaleur « perdue » (centrales, cogénération...) est en tout état de cause à privilégier :
 - recherche sur des variétés de plantes à faible demande énergétique,
 - systèmes de chauffage efficaces (pompe à chaleur, biogaz, cogénération),
 - serre HPE (haute performance environnementale) et serre « capteur d'énergie ».

Toutes ces approches de l'énergie en agriculture trouvent leur logique de continuité et de cohérence dans l'agro-industrie. C'est toute la filière, de l'amont à l'aval, qui doit prendre en compte comme facteur clé de décision et d'orientation le double enjeu de l'énergie et du carbone.

La contribution des industries agroalimentaires

Aborder ainsi, après l'agriculture, le thème de « l'énergie verte » dans l'agro-industrie, en particulier sous l'angle de l'innovation, conduit à ouvrir l'investigation selon trois axes majeurs, qui sont d'ailleurs ceux de la stratégie européenne « énergie-climat », et ceux résultant du « Grenelle de l'environnement » :

- améliorer l'efficacité énergétique (et le bilan carbone) dans les IAA ;
- développer l'utilisation et la production d'énergies renouvelables (EnR), en particulier de bioénergies ;
- valoriser les produits et procédés permettant d'accroître la séquestration du carbone atmosphérique, notamment sa bio-séquestration (cet aspect concerne plus spécifiquement l'agriculture et la forêt, ainsi que le thème « chimie du végétal » à travers les bio-produits).

Ces trois voies sont porteuses d'innovations, d'emplois, de compétitivité, ainsi que de modernisation des filières et des entreprises, y compris au niveau de la production agricole et de la logistique.

Les innovations et investissements qui en découlent peuvent, en outre, sous tendre des partenariats attractifs :

- à l'amont, pour le secteur agricole, qui peut ainsi chercher à capter et contrôler une part supplémentaire de valeur ajoutée ;
- à l'aval, pour le secteur énergétique, mais aussi pour la chimie, qui doit chercher à sécuriser son approvisionnement en bio-ressources.

IAA et énergie

Les IAA françaises consomment 5 Mtep/an, soit près de 2 % de la consommation énergétique du pays et 13 % de celle de toute l'industrie en France. Cette énergie leur coûte 3 milliards €/an, soit 5 % de la valeur ajoutée brute du secteur.

Parce que l'efficacité énergétique du secteur s'améliore, cette consommation est sensiblement constante.

L'électricité (principalement « sans carbone ») représente 1/3 de l'énergie consommée, et le gaz/fioul/carburants les 2/3.

Il en résulte l'émission brute de 15 Mt CO₂/an environ, soit 3,5 % des émissions françaises de GES (gaz à effet de serre).

2 Mtep/an d'énergies renouvelables (biocarburants, cogénération, méthanisation...) sont déjà produites par l'agro-industrie française, soit 13 % des EnR (énergie renouvelable) produites en France.

En 2020 (selon les objectifs du Grenelle de l'environnement et la [Directive EnR](#)), 4 à 5 Mtep/an d'EnR pourraient être produites dans les IAA, ce qui ferait de l'agro-industrie française une filière approchant un bilan à « énergie-positive », voire « sans carbone ».

- ▶ latéralement, pour des opérateurs bancaires et financiers, qui voudront chercher à s'introduire sur des segments à forte connotation « développement durable » et « sans-carbone », aux côtés de projets industriels innovants et tangibles, tout en tirant parti de l'armature de soutiens publics dont ces projets bénéficient.

La palette de choix est donc très riche pour les IAA françaises. Cela a déjà fait naître des réussites exemplaires, notamment via les pôles de compétitivité comme le pôle « Industrie et AgroRessources » (IAR).

Les bonnes initiatives peuvent en outre être appuyées par de multiples soutiens, en recherche comme en investissements, soutiens qui, en général, ne sont pas principalement d'origine « agricole » puisqu'il peut s'agir d'agences, de centres et d'instituts de recherche, de grandes écoles mais aussi de banques et plus récemment des « [investissements d'avenir](#) ». A ces partenaires possibles, s'ajoutent les Collectivités et l'Union européenne (FEDER et programmes de R&D « [Énergie intelligente pour l'Europe](#) »).

La recherche privée est quant à elle certainement très active, bien au-delà des programmes publics dans lesquels elle est souvent partenaire, mais c'est difficile à quantifier et à qualifier vu la confidentialité qui caractérise ses programmes.

Comme l'agriculture, les IAA se positionnent principalement sur une double stratégie de contribution vertueuse aux bilans énergie-carbone, voire une triple stratégie en incluant alors la bio-séquestration du carbone, comme dans les agro-matériaux.

Les économies d'énergies

C'est une priorité, et deux domaines sont à privilégier :

- les procédés sobres (moteurs à vitesse variable, ultra filtration, énergie de condensation, ingénierie climatique des bâtiments et équipements, optimisation des moteurs et bateaux de pêche etc.) encore insuffisamment répandus dans les IAA, et pourtant très souvent rentables avec une énergie chère et un prix du CO₂ devenu effectif ;
- la logistique et l'organisation où résident souvent des économies d'énergie insoupçonnées et peu coûteuses à matérialiser.

Les IAA dépensent annuellement près de trois milliards d'euros en énergie, soit 5 % de la valeur ajoutée brute du secteur. Il est probablement réaliste de penser pouvoir réduire ainsi, en dix ans, ces consommations de 15 %.

Les énergies renouvelables

Parallèlement aux économies, les énergies renouvelables devront, de façon incontournable, se développer dans les IAA selon trois directions majeures :

- la production (et le cas échéant l'utilisation) d'EnR, sur site, à partir des biodéchets de process, (et ils sont nombreux). La combustion, la méthanisation, la gazéification... peuvent produire de la chaleur, de l'électricité, du froid ou du gaz, tout en contribuant bien souvent à résoudre de coûteux problèmes d'épandage ou d'élimination de déchets,
- le développement des EnR « non-biologiques » en tant qu'auxiliaires économiques des entreprises : l'espace, les toitures, le sol offrent en effet un potentiel à valoriser en ingénierie énergétique (éoliennes, panneaux solaires thermiques ou photovoltaïques, pompes à chaleur, géothermie, etc.) en tirant parti des politiques publiques de soutien (fiscalité, tarifs d'achat d'électricité, certificats d'économie d'énergie, aides locales...),
- la spécialisation ou la diversification en carburants - chimie, vers de nouvelles bio-filières marchandes de première génération (éthanol, butanol, esters, DME...), bientôt de deuxième génération à base cellulosique (éthanol et assimilés, [Btl](#) – *Biomass to Liquid*...), voire à plus long terme de troisième génération (algues et bactéries « hors sol », hydrogène), pour lesquelles l'*input* de R&D est, et restera, essentiel. C'est l'une des composantes majeure du concept de « bio-raffinerie », avec la chimie du végétal. Elle intéresse également au plus haut point d'ailleurs l'industrie papetière avec laquelle des synergies sont possibles.

La valorisation énergétique des biodéchets est souvent accompagnée d'une production possible d'amendements organiques (composts) ou minéraux (cendres) également utilisables.

DME ou Diméthyle-
ester
CH₃OCH₃



Le défi pour les IAA peut donc effectivement se résumer à la création d'une « agro-industrie à énergie positive », voire sans carbone, en 2020.

A cette date, les IAA françaises pourraient en effet produire plus d'énergie qu'elles n'en consommeront. C'est possible par la réflexion, les partenariats, l'innovation et des investissements raisonnés, avec un prix du pétrole structurellement supérieur à 70 € le baril, un coût du carbone en croissance, et en misant sur le succès des négociations, relatives au climat, réouvertes à Copenhague.

Il s'agit d'une vraie stratégie gagnante et durable pour les filières agroalimentaires qui peut leur permettre, au-delà de l'énergie « maîtrisée » (devenue un atout), de gagner en efficacité, en compétitivité, en exemplarité et en emplois avec des créations de valeur supplémentaires.

[Retour au sommaire](#)

Bio-déchets et structure des sols : un enjeu majeur

Claude Roy

Parmi les enjeux d'une agriculture durable, et bien au-delà de l'énergie, le défi du carbone et celui des sols sont certainement, à terme, les plus importants à défaut d'être le mieux compris !

Il n'y a pas que les hommes à nourrir mais aussi les animaux et les plantes, et avant tout, à la base, il faut « nourrir la terre » pour la préserver et pour qu'elle reste la « terre nourricière » de tout être vivant, végétal ou animal.

La pédogénèse, formidable « usine » naturelle à fabriquer les sols, mêle la dissolution progressive des roches mères au travail continu de régénération par les agents biologiques (micro-organismes, champignons, microfaune, racines...).

En absence de microfaune, comme en absence d'eau ou avec une surexploitation du sol, la terre s'épuise très vite et l'érosion l'emporte, ouvrant la porte au désert.

Le sol doit donc être nourri lui aussi et c'est une priorité absolue à laquelle il faut s'astreindre.

Nulle région au monde n'est à l'abri d'un risque de dégradation des sols, qui mit à genoux les plus grandes civilisations de l'histoire humaine, de la Mésopotamie à la Grèce antique.

Rendement en blé :
(rendement moyen en France)

10 qx/ha au Moyen-Âge

72 qx/ha aujourd'hui grâce, notamment, à l'apport d'éléments nutritifs dans le sol



L'obligation d'enrichir le sol

Au-delà de ce qu'apportent les éléments minéraux naturellement présents dans les roches, il faut, pour enrichir cet édifice pédologique, des nutriments directement assimilables par les plantes : azote, phosphate et potasse principalement. Et c'est le complexe humique et argileux du sol qui contribue à retenir et stocker ces engrais, tel un véritable « garde-manger » pour les plantes ; « garde-manger » qui, d'ailleurs, sert également à emmagasiner de l'eau !

Alors, pour maintenir dans le sol un tissu suffisant de matière organique structurante et stable sans laquelle nos terres ne seraient que des « passoires » stériles, il faut aussi apporter régulièrement des amendements organiques : fumiers, boues d'épandage, composts...

De même qu'il faut, lors des labours, rendre au sol suffisamment de pailles non-destinées à l'élevage ou à la production d'énergie. La terre a besoin de ces « retours de carbone » bien mérités ! Et les micro-organismes feront le reste, c'est à dire régénérer le « garde-manger ».

Toutefois, il convient d'être prudent, lors des labours ou des travaux du sol. Ce complexe humique est si fragile qu'il peut se décomposer et se minéraliser rapidement au contact brutal et prolongé de l'air et du soleil. Un tel « coup de soleil » risquerait de « dévaliser le garde-manger », certes en nourrissant la plante, vite et intensivement, tel un gavage, mais en laissant en revanche une terre déstructurée, « affamée » d'humus.

Le trésor des bio-déchets !

Les bio-déchets et les déchets organiques (au sens large), avec les effluents d'élevage, les pailles et les cendres, pèsent en France plus de 370 Mt/an, c'est à dire plus de cinq tonnes par habitant chaque année. Le vrai défi est celui de leur bonne gestion, notamment au profit des sols agricoles, de leur structure et de leur teneur en carbone stable (épandage, amendements organiques et organo-minéraux).

Nature des déchets	Estimation en Mt/an	Estimation en kg/hab./an
Boues urbaines	11 (dont 60 % épandues)	180
Effluents industriels	15	250
Déchets de cuisine et de restauration (au sens large)	7	110
Déchets verts urbains	7	110
Total bio-déchets d'origine « urbaine »	40	650

Dans le même temps, les effluents agricoles (hors pailles récoltées, évaluées à 50 Mt/an) représentent 280 Mt/an, épandus en agriculture après, le cas échéant, compostage ou méthanisation.

Environ 2 Mt/an de fertilisants organiques (non fossiles) sont également commercialisés en France (produits normalisés ou homologués), dont approximativement :

- 800 000 t/an provenant d'importations,
- 200 000 t/an d'engrais organiques commerciaux,
- 400 000 t/an d'amendements organiques commerciaux,
- 600 000 t/an de composts urbains normalisés,
- 4 Mm³ de tourbes et terreaux horticoles.

Les cendres de bio-combustion quant à elles, sont pour la plupart épandues ou mélangées à des composts. Elles représentent moins de 100 000 t/an, mais ce chiffre pourrait atteindre 400 000 t/an en 2020 comme conséquence du [Paquet "énergie-climat"](#) européen et des bioénergies.

A quelque chose près, cela ressemblerait à de la culture sur « brûlis » sans la combustion !

L'apport de matières organiques, ou fumures de fond, est donc de plus en plus nécessaire pour pérenniser la structure des sols cultivés, d'ores et déjà déséquilibrée dans certaines régions de grandes cultures françaises.

Par ailleurs, la teneur en carbone séquestré dans les sols dépend également de la plus ou moins grande richesse organique des sols : ce qui est bon pour la terre est donc aussi bon pour le climat.

Si la pratique des apports en matière organique (fumiers, guanos, algues...) dans les sols remonte à la nuit des temps, notre civilisation moderne n'offre aujourd'hui, quoiqu'on en pense, pas vraiment d'autres voies pour régénérer les sols de culture. Ce ne sont pas les engrais qui nourrissent les terres ; ils ne nourrissent que les plantes ! Alors les déchets et les sous produits organiques, aussi peu attirants soient-ils, sont bien de « l'or brun » sans lequel nos assiettes pourraient bien un jour rester vides.

Bien que largement majoritaires avec près de 280 Mt/an, les effluents agricoles (fumiers et lisiers) ne doivent pas occulter l'obligation de gérer et traiter annuellement plus de 40 millions de tonnes brutes de déchets organiques, pour l'essentiel d'origines urbaine et industrielle.

Obligation, peur et précaution

Le flux des déchets organiques non-agricoles est croissant. Leur production annuelle est schématiquement évaluée aujourd'hui à 11 Mt de boues d'épuration urbaines, 7 Mt de déchets de cuisine et de restauration, 7 Mt de déchets verts urbains et 15 Mt d'effluents organiques agro-industriels, soit au total 650 kg/an dont est responsable chacun d'entre nous. Car ce sont NOS déchets, pas ceux des autres, et c'est la première évidence à rappeler !

L'essentiel de ces bio-déchets est donc épandu en agriculture, puis enfoui par les labours, pour participer à la « musculation » des terres en culture.

On estime que la part effective retournant au sol concerne, chaque année par rotation, 3 % de la surface arable française, soit environ 500 000 ha/an. Ces chiffres sont à mettre en parallèle avec le poids total de matière organique stable, stockée dans les sols agricoles français, évalué à 3,5 milliards de tonnes. L'épandage des matières organiques contribuerait donc à en régénérer près de 10 % chaque année ! C'est autant de « carbone vert » renouvelable et durable qui n'est pas ré-émis, tout de suite, dans l'atmosphère sous forme de gaz à effet de serre. C'est l'un des meilleurs « retardateurs » face au risque climatique.

C'est aussi une chance extraordinaire pour l'agriculture et les sols qui ont besoin de ces amendements, mais encore faut-il que nous assumions nous-mêmes tout ce qu'implique l'usage final de ces déchets organiques – de NOS déchets organiques – odeurs et nuisances comprises si nécessaire.

Encore faut-il aussi que, sous la pression consciente ou inconsciente de nos propres comportements de consommateurs urbanisés, des enseignes de la grande distribution et certaines industries agro-alimentaires n'interdisent pas sans réfléchir ces modes d'épandage dans les cahiers des charges d'approvisionnement qu'elles imposent au monde agricole.

En effet, les impératifs croissants de précaution sanitaire, de protection des sols et de l'eau contre des polluants réels ou supposés, pouvant être contenus dans ces déchets organiques, les rendent abusivement suspects aux yeux du plus grand nombre.

S'y ajoutent des réflexes sécuritaires face à des risques de tous ordres, comme à des préoccupations juridiques ou d'image, véhiculés dans l'opinion et dans les médias.

Malgré ce contexte de plus en plus prégnant, l'axe central des politiques publiques relatives aux déchets reste encore le recyclage, y compris en ce qu'il implique heureusement un retour maximum au sol, mais aujourd'hui sévèrement encadré, des matières organiques.

Épandre les bio-déchets en agriculture pour préserver les sols, mais rassurer en garantissant simultanément l'innocuité et l'acceptabilité de ces épandages, est un vrai défi.

Cette vision va d'ailleurs de pair avec le souci « politique et économique » de préserver un mode de traitement simple et économe d'énormes tonnages de matières organiques pour lesquelles la collectivité n'aurait pas eu, de toutes façons, ni les moyens ni les solutions d'un traitement alternatif.

C'est bon pour les terres... et pour le climat !

Énergies renouvelables et nouvelles cultures

Jean Jaujay

Le patrimoine foncier et la fourniture de biomasse par les exploitations agricoles leur donnent d'importantes capacités de produire des énergies renouvelables. Les technologies et filières disponibles économiquement pertinentes sont :

- la production de chaleur ou de combustibles par la biomasse-bois et les résidus de culture, dont les pailles,
- la méthanisation et le biogaz agricole,
- le photovoltaïque, le solaire thermique, les pompes à chaleur et l'éolien,
- la production indirecte de biocarburant et de bases chimiques.



Exemple de [résidus forestiers](#) (rondins et branchages de houppier)

Chauffage par la biomasse

Traditionnellement, le chauffage au bois utilisait et utilise encore des bûches, consommatrices de main d'œuvre et brûlées dans des installations souvent peu performantes.

Des moyens modernes de production plus efficaces et automatisés sont désormais diffusés, en particulier les chaudières automatiques à plaquettes. Le point critique est la mécanisation de la « récolte du bois », à partir de [résidus forestiers](#) ou [agro-forestiers](#).

Des initiatives se mettent en place avec des coopératives et des CUMA, dans le cadre de plans de développement énergie-territoires. Les plaquettes de bois alimentent les chaudières de centres ruraux, de bâtiments publics ou collectifs (hôpitaux, écoles, piscine, logements sociaux...) ou individuels (par réseaux de chaleur).

Des sous-produits agricoles (céréales déclassées, pailles, fanes, son...) ou des produits de cultures dédiées ([miscanthus](#), [switch grass](#)...) sont aussi conditionnés en plaquettes ou en [agro-pellets](#).

Pour réduire les inconvénients liés à la combustion de pailles, on incorpore dans ces agro-pellets de la sciure de bois (qui réduit le taux de cendres), de la chaux (qui réduit le machefer), ou de la mélasse (qui crée du liant). La disponibilité des composants et la possibilité de faire varier la composition des agro-pellets en fonction des approvisionnements ont un impact sur le coût final de l'énergie qui, avec 40 €/MWh, est inférieur de 10 € à celui des granulés de bois, et à celui du fioul.



Culture de miscanthus géant ou « herbe à éléphant » (hauteur : 3 à 4 m)



Pellets de Panicum vigatum ou [switch grass](#)

Biogaz agricole

La méthanisation est un procédé anaérobie qui dégrade les chaînes carbonées de la partie fermentescible de la matière organique, produisant ainsi, sous l'action de micro-organismes, un biogaz riche en méthane et un digestat organique.

Agriculture et biocombustibles

L'exemple picard

Depuis 2006, les 25 coopératives agricoles de [COOPENERGIE](#) en Picardie développent les filières d'approvisionnement en biomasse agricole et forestière. Elles mobilisent des pailles de céréales, des anas de lin, des issues de silos, des plantes entières et cultures dédiées, des sous-produits de légumes, des fumiers et lisiers, des plaquettes forestières, des pulpes de betteraves et autres sous produits d'industries agroalimentaires.

C'est une organisation multifilières, partenaire de projets industriels, collectifs et agricoles de toutes tailles sur des bases contractuelles. Coopénergie travaille sur les marchés de l'énergie, de la chimie et des matériaux.

Elle fait émerger de nouveaux produits et projets (chaleur, cogénération, biogaz et bio-produits).

Le programme Cartopaille, lancé pour éviter de bâtir une filière à l'aveugle, simule les besoins de l'élevage et ceux des sols en matière organique et en déduit le potentiel durablement mobilisable pour les nouveaux usages. Partenaires : INRA, Arvalis, Chambre d'agriculture de l'Aisne, Institut Lasalle Beauvais et le Conseil régional de Picardie.

Une chaudière polycombustible a été créée par la coopérative de teillage de lin, LIN 2000, à Grandvilliers dans l'Oise. Elle valorise les anas de lin et d'autres coproduits du teillage. Depuis 2010, elle est associée au réseau de chaleur de la commune de Grandvilliers.

Un brevet de granulats légers d'origine végétale, destinés à la fabrication de matériaux de construction tels que les bétons légers, a été déposé.

des bio-déchets dans une approche collective « multi-gisements », est un vrai « concentré de développement durable »... où l'agriculture est incontournable.

Éolien

Les agriculteurs, dont les terres sont convoitées pour implanter les éoliennes, sont rarement développeurs de projets : ils signent des baux de mise à disposition des emprises, dans le cadre d'un [protocole d'accord](#). Ils sont parfois associés au capital dans une perspective de dynamique territoriale.

Malgré l'intérêt manifesté en 2002, le créneau des éoliennes individuelles de petite puissance n'a pas survécu au coût et à la complexité des procédures.

Depuis le 14 juillet 2007, seuls les projets en ZDE (Zone de développement de l'éolien) bénéficie de l'obligation d'achat par EDF qui limite à 250 kVA (kilovoltampère) la puissance des installations raccordées.

Le tarif de rachat garanti de l'énergie électrique éolienne produite est de 8,38 c€/kWh.

Photovoltaïque

Des tarifs incitatifs de rachat de l'électricité produite et la perspective de leur baisse ont provoqué un engouement pour le photovoltaïque, y compris chez les agriculteurs. Le nouvel arrêté fixant à la baisse les tarifs de rachat et annulant les demandes de raccordement et d'achat déposées après le 1^{er} novembre 2009 a été publié en février 2010.

L'investissement pour 10 m² de panneaux, soit un kWc (kilowatt crête), est de 7 500 € ; 1 kWc permet de produire 850 kWh/an à Lille, et 1 250 kWh/an à Nice.

Le taux de rentabilité interne avec un crédit d'impôt de 50 % oscille entre 5 et 9 % en fonction de l'ensoleillement (source : ADEME). Depuis l'arrêté du 4 mars 2011, le tarif d'achat de l'électricité produite dans les conditions les plus répandues en agriculture, est de 27,46 c€/kWh.

Radiographie des énergies renouvelables au niveau mondial (tableau ci-dessous)

Légende

*Faible

** Moyen

***Important

NS/ Non significatif

Filières	Origine	Maturité	Poids actuel	Compétitivité	Potentiel Suppl.	A noter!	Limites
Gde hydraulique (électricité)	Barrages	***	***	***	***	<i>Potentiel en Europe NS</i>	Sites, écologie
Petite hydraulique (électricité)	Rivières, biefs	***	*	**	***	<i>Potentiel en Europe **</i>	Écologie
Marémotrice (électricité)	Marées	**	NS	***	*		Sites
Hydrolienne/houlomotrice (électricité)	Vagues, courants	*	NS	*	**	<i>Stade expérimental</i>	Sites, technologie
Eolienne (électricité)	Vent	***	**	**	***		Sites, paysages
Solaire thermique (chaleur)	Soleil	***	*	**	***	<i>Emploi important</i>	Marché du bâtiment
Solaire photovoltaïque (électricité)	Soleil	**	*	*	***	<i>Potentiel stratégique</i>	Néant
Géothermie (chaleur ou électricité)	Chaleur du sous sol	**	*	**	***		Sites
Pompes à chaleur (chaleur)	Chaleur du sol/eau	***	*	***	***		Marché du bâtiment
Biocarburants G1 (carburants)	Cultures agricoles	***	**	**	**	<i>Emploi, coproduits</i>	Terres agricoles
Biocarburants G2 (carburants)	Lignocellulose Forêts/cultures	*	NS	*	***	<i>Stade expérimental</i>	Rendements, ressources
Biochaleur/domestique (chaleur)	Bois bûche	***	***	***	**	<i>Emploi circuits non marchands</i>	Marché de la chaleur
Biochaleur collective (réseaux)	Plaquettes de bois/paille	***	**	**	**	<i>Emploi</i>	Marché du bâtiment
Biochaleur Industrie (chaleur)	Plaquettes de bois/paille	***	***	***	***		Sites industriels
Cogénération Méthanisation (Chaleur/électricité)	Déchets ou plaquettes de bois/paille	**	**	**	***		Sites industriels

[Retour au sommaire](#)

De l'agriculture à la moléculaire

les bio-raffineries, les bio-carburants et la chimie du végétal

Gérard Mathieu

Les bio-raffineries

Un concept simple, en apparence...

Par analogie avec les raffineries pétrolières, le terme « bio-raffinerie » recouvre un ensemble industriel qui traite et raffine des produits issus de la biomasse et valorisés sur de multiples marchés (alimentation, chimie, matériaux, énergie, gaz...).

Ce « raffinage » comprend des opérations de pré-traitement et de fragmentation de la biomasse (1^{ère} transformation), puis de traitements successifs par des procédés biotechnologiques, thermochimiques ou chimiques selon les cas (2^{ème} transformation).

Ce concept a fait l'objet de nombreux débats :

- sur l'unicité de lieu de ces ensembles industriels ; en effet, certains considèrent que des économies d'échelle seraient possibles en 2^{ème} transformation si l'on centralisait dans des usines de grande taille les produits issus du pré-traitement ;
- sur l'acceptabilité, par l'ensemble industriel, de toute matière première bio-sourcée alors qu'au contraire, certains prônent l'adaptation de chaque site aux productions locales faute de quoi des investissements très importants de collecte et de traitement seront nécessaires, rendant inatteignable le seuil de rentabilité économique de l'opération.

...mais qui ne doit pas masquer la diversité des installations actuelles...

Cette définition simple et souple du bio-raffinage permet d'y rattacher tant des activités « traditionnelles » (amidonnerie, sucrerie, huilerie, panneaux de particules, papier...), que des activités récentes et déjà développées (biocarburants de 1^{ère} génération : bio-éthanol et bio-diesel, glycérol, xylochimie...) ou des activités encore plus récentes et en devenir (molécules chimiques issues de molécules « plate-formes » — telles que : acide lactique, sorbitol, acide succinique... — sources de grappes de molécules dérivées intéressantes pour l'activité économique d'aval, biocarburants de 2^{ème} génération au stade pilote...).

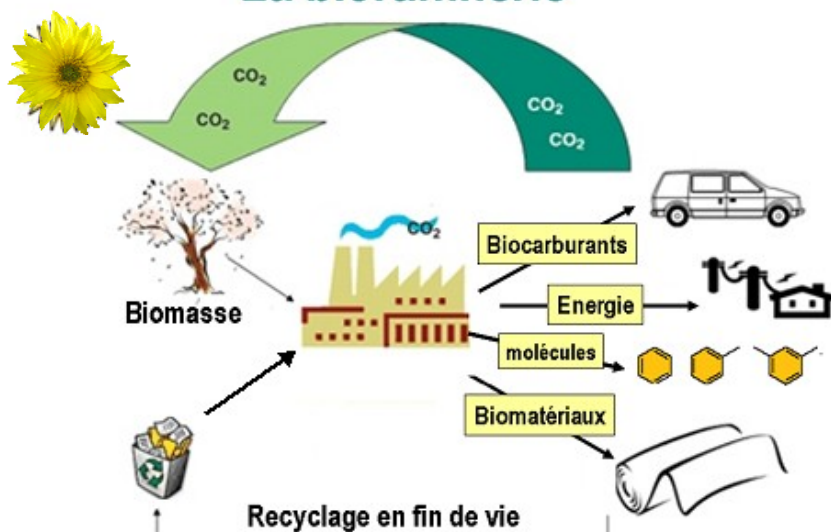
Mais si les bio-raffineries sont effectivement souvent historiquement liées à une filière (papier, oléagineux, betterave, blé...), les produits et coproduits obtenus sont parfois concurrents (par exemple, dans certains cas, le glycérol issu des huiles végétales peut être un précurseur de molécules obtenues également par fermentation du glucose). Il est alors probable que ces bio-raffineries valoriseront à terme, en fonction de leur rentabilité économique, différentes sources de bio-carbone disponibles localement.

... et la diversité des marchés actuels ou potentiels

Les produits, sortis des bio-raffineries, peuvent ainsi être destinés à de nombreuses filières variées :

- les marchés des matériaux
 - du bâtiment (bois, béton de chanvre, laine de chanvre ou lin, composites chargés avec de la farine de bois, fibro-composites, colles, etc.),
 - de l'automobile et de l'agencement (composites fibres-polymères),
 - de l'emballage (bio-polymères et bio-plastiques, papier-carton, bois),
 - de l'ameublement (composites, bois),
- les marchés de l'énergie
 - bio-carburants et bio-additifs (1^{ère} et 2^{ème} génération, voie thermochimique et voie bio-chimique, 3^{ème} génération hypothétique à base de micro-algues),
 - bois-énergie, paille énergie, gaz de méthanisation ou de gazéification,
- les marchés de la chimie
 - résines, plastiques, polymères,
 - solvants, plastifiants, lubrifiants,
 - pharmacie, cosmétiques,
 - explosifs, gélifiants, tensio-actifs,

La bioraffinerie



AgroParisTech (adapté de A. Ragauskas et al., Science, 2006-484-489)

- les marchés de l'alimentation, co-produits ou sous produits de process
 - huiles, farines, glutens, amidons,
 - tourteaux, drèches et pulpes pour les animaux,
 - CO₂ comme gaz pour les eaux minérales.

Les acteurs industriels

Sans être exhaustif, les industriels et les acteurs importants qui opèrent sur ces bio-marchés en France sont :

- les semenciers (Limagrain...) et les pépiniéristes, car les caractéristiques de la matière première sont des éléments fondamentaux pour les traitements ultérieurs,
- les transformateurs de biomasse agricole et fibreuse (Champagne-Céréales, Cargill, Cristal Union, Roquette, Sofiprotéol, Soufflet, Tate & Lyle, Tembec, Tereos, Unigrains, le groupe UPM, Kronofrance...),
- l'industrie chimique et celle de l'énergie (Air Liquide, Arkema, BASF, DRT, DSM, Rhodia-Solvay, Sphère, GDF-Suez, Total, SIDEC...),
- mais aussi, des entreprises de biotechnologie indispensables pour faire progresser la maîtrise et l'efficacité des traitements de la biomasse (ARD, Deinove, Metabolic Explorer, Protéus, Vegeplast...).

Tous ces acteurs, qui sont en forte concurrence notamment avec des entreprises américaines, peuvent contribuer à relever le défi de la raréfaction des ressources fossiles par leurs investissements en recherche et en installations pilotes ou industrielles.

Les bio-carburants

En 1994, les ministères chargés de l'agriculture, de l'environnement, de l'industrie et de la recherche ont fondé, avec la coopération de l'ADEME, le Groupement d'intérêt scientifique [AGRICE](#) (Agriculture pour la chimie et l'énergie), ayant pour objet d'animer, financer, suivre et évaluer les programmes de recherche et développement sur les nouvelles valorisations des produits et coproduits d'origine agricole dans les secteurs de l'énergie, de la chimie et des matériaux.

Depuis fin 2004, la France, où les transports représentent plus du quart des émissions de gaz à effet de serre (GES), s'est engagée dans un ambitieux plan de développement des bio-carburants qui pourraient se substituer pour partie aux carburants fossiles.

Toutefois, l'élévation très rapide des prix de l'énergie fossile, parallèlement à celle des principales matières premières agricoles, a ouvert un débat international d'experts et de l'opinion sur l'incidence des comportements spéculatifs d'un développement trop rapide des cultures énergétiques. Le slogan « manger ou rouler » traduit, pour le grand public, le risque de substituer des cultures destinées aux biocarburants à des

L'ABC des bio-carburants

Il existe deux types de bio-carburants distincts, constituant chacun une filière économique spécifique avec des matières premières et des acteurs différents :

- les **esters méthyliques d'huile végétale (EMHV)**, substituables au gazole par une opération de trans-estérification (réaction chimique entre un acide gras estérifié, l'huile végétale, et un alcool pour produire un ester : ainsi, une tonne d'huile et 100 kg de méthanol produisent une tonne d'EMHV et 100 kg de glycérine, utilisés en chimie) ;

- le **bio-éthanol**, incorporable à l'essence soit directement, soit préalablement mélangé à l'isobutylène (issu du raffinage de pétrole) pour constituer l'éthyl-tertio-butyle-éther (ETBE).

L'incorporation peut être banalisée (E10 à 10 %) ou beaucoup plus sélective (E85 à 85 %) pour les véhicules [flex-fuel](#) ;

- dans la production de biodiesel, l'extraction préliminaire d'huile de la graine de colza ou de tournesol laisse un co-produit protéiné très riche, le tourteau, destiné à l'alimentation animale (en substitution des tourteaux de soja importés).

De même, la production de bio-éthanol génère des pulpes (betteraves) et des drèches (céréales).

La production de biocarburants répond donc à une stratégie d'optimisation équilibrée de l'agriculture, pour l'énergie et l'alimentation.

cultures alimentaires, au détriment des besoins en nourriture des populations les plus pauvres.

Les bio-carburants se retrouvent ainsi au centre d'une actualité confuse et polémique mêlant, parfois de façon passionnelle, des préoccupations énergétiques, environnementales et alimentaires, souvent mal comprises, et des jeux subtils d'intérêt touchant le monde du pétrole et celui de l'agroalimentaire. Les biocarburants se voient ainsi alternativement parés de tous les vices et de toutes les vertus. Ces filières aussi récentes que performantes, aux ambitions modestes et prometteuses, sont pourtant les seules filières économiques au monde à bénéficier aujourd'hui d'une certification de « durabilité ».

Pour atteindre les objectifs communautaires de réduction des GES, le secteur des transports ne dispose pas de solution alternative, à court ou moyen terme, autre que les biocarburants. Ils présentent de nombreux avantages :

- immédiatement disponibles ;
- liquides et de densité comparable à celle des carburants fossiles auxquels ils s'incorporent facilement ;

Bio-carburants de première génération

Le biodiesel-EMHV

a pour principale origine, en France, le colza et le tournesol.

1 tonne d'EMHV = 11,31 hl
= 0,9 tep = 0,9 t de gazole
(en pouvoir énergétique – PCI)

1 ha de colza = 36 qx/ha
= 1,5 tonne d'EMHV/ha
= 1,34 tep/ha (brutes)
et 2 250 kg de tourteaux

Le bio-éthanol

a pour origine les céréales et les betteraves.

1 tonne d'éthanol = 12,58 hl
= 0,64 tep = 0,64 t de super sans plomb (en pouvoir calorifique – pci)

1 ha de betteraves
= 6,56 t d'éthanol/ha = 81,3 hl/ha
= 4,13 tep/ha (brutes)

1 ha de blé
= 2,78 t d'éthanol/ha = 35 hl/ha
= 1,78 tep/ha (brutes).

Bio-carburants de deuxième génération

Ils sont d'origine cellulosique. Les voies enzymatique (éthanol pour l'essence)

et thermochimique (BtL : *Biomass to Liquid* pour le gasole et le kérosène) sont au stade expérimental (pilotes Futuro et BioTfuel), avec des rendements massiques faibles (15 à 20 %) ne permettant pour l'instant que des performances limitées (environ 1 tep/ha), et sans production de co-produits.

Les deux générations sont en tout état de cause complémentaires.

Bio-carburants de troisième génération

Ils auraient pour origine des cultures de micro-algues en milieu contrôlé. En laboratoire, leur production d'acides gras est alors importante et peut déboucher sur des produits de type diesel. Mais le coût est tel qu'il ne permet pas d'augurer une éventuelle faisabilité industrielle avant des dizaines d'années.

Une [analyse du cycle de vie](#), validée fin 2009, indique un ratio de performance énergétique *tep produites*

tep fossiles consommées

égal à 1,7 pour l'éthanol ou à 2,4 pour le bio-diesel contre 0,8 pour les carburants fossiles.

- ils n'exigent pas de complexes et coûteuses adaptations des circuits de distribution en carburant ni des moteurs, dès lors que leur taux d'incorporation reste limité aux taux visés en Europe ;
- ils offrent des ratios de performance énergie/carbone et des rendements à l'hectare très significatifs et en constante amélioration ;
- renouvelables et le coût de leur « re-production » est inclus dans leur prix.

Si la combustion des moteurs et la volatilité des carburants ne sont pas toujours optimisées aux mélanges de biocarburants utilisés et si la compatibilité du parc actuel de véhicules peut, à terme, poser problème au-delà d'une certaine teneur en biocarburants, aucun obstacle technique sérieux ne s'oppose toutefois à leur développement tel qu'il est prévu en France et en Europe.

Les éventuelles difficultés rencontrées sont en tout état de cause sans commune mesure avec celles que soulèvent les alternatives au carburant liquide : la technologie électrique achoppe encore sur le volume, le poids, l'autonomie et le prix des batteries, tandis que celle de la pile à combustible se heurte au problème de fabrication en masse, de distribution et de stockage de l'hydrogène comprimé.

La réduction des émissions de GES permise par les biocarburants, comparée à celle des carburants fossiles est de 60 à 70 % « de la graine à la roue ».

Sans l'é luder au plan international, le débat sur la durabilité de la première génération de biocarburant n'apparaît pas être un enjeu central pour la France si elle cantonne son développement dans des limites compatibles avec son potentiel agronomique.

La production française de biocarburants dégage par ailleurs des « externalités positives » :

- avec des investissements importants, situés surtout en zone rurale (un total d'environ 2 Mds €), générateurs de valeur ajoutée nationale ;
- la création de quelques milliers d'emplois, en zone rurale (emplois directs et maintien dans les filières amont) ;
- la réduction potentielle de près du quart des importations de gazole en 2010 grâce à l'incorporation de bio-diesel. Cela améliorerait la balance commerciale française de 1,6 Md€, ce qui n'est pas négligeable ;
- la réduction de 5 % environ des émissions de CO₂ dans le secteur des transports (estimation du Grenelle de l'environnement) ;
- la réduction des importations de tourteaux de soja pour l'alimentation animale, par substitution de tourteaux de colza, issus de la production de bio-diesel, et dans une moindre mesure celle de pulpes de betteraves ou de drêches de céréales, issues de la production de bio-éthanol.

Et n'oublions pas qu'il y a moins d'un siècle, 6 Mha (moitié en avoine et moitié en prés) étaient indispensables aux animaux de trait, notamment aux



Chevaux « vapeur » et biomasse

Les bœufs et surtout les équidés (ânes, mulets, chevaux), attelés, montés ou bâtés, ont été très largement utilisés pour le travail, les déplacements ou la guerre jusque pendant la première moitié du XX^{ème} siècle.

Cet emploi a presque complètement disparu entre 1950 et 1970 dans les pays développés avec la motorisation (tracteurs, motoculteurs...). La France, qui comptait trois millions de chevaux de trait en 1931, n'en recensait plus que deux millions en 1956, un million en 1966 et seulement 40 000 en 1985.

Parallèlement, cette motorisation a libéré les surfaces consacrées à l'alimentation des animaux de trait. Ainsi, la culture d'avoine, presque exclusivement réservée aux chevaux, couvrait 4 Mha (pour 25 Mha de terres labourables) à la fin du XIX^{ème} siècle et 3 Mha avant la seconde guerre mondiale. En 1965, cette surface avoisinait encore 1 Mha, pour ne plus représenter aujourd'hui que quelques 100 000 ha.

En 1950, un cheval avait besoin à l'année, compte tenu des rendements de l'époque, d'un ha d'avoine et d'un ha de prés (foin et pâture) pour pouvoir travailler.

Au moins six millions d'hectares de bonnes terres étaient donc consacrées à la production des « biocarburants d'antan » permettant d'assurer la force de traction animale en France. Mais du cheval aux chevaux-vapeur, le boisseau d'avoine devint baril de pétrole !

Chevaux ; alors ces bio-carburants, qui pourraient mobiliser 2Mha de cultures dédiées en France, en 2020 (soit 10 % des surfaces de grandes cultures), ne sont finalement que les héritiers modernes des cultures « énergétiques » d'autrefois.

La chimie du végétal

La chimie française, basée à 95 % sur les ressources fossiles (pétrole et gaz), représente environ 10 à 15 % de la consommation totale de pétrole.

Les matières premières renouvelables ne représentent environ que 5 % des ressources utilisées par l'industrie chimique qui estime toutefois économiquement possible de porter ce taux à 10-15 % en 2020 (les États-Unis affichent l'objectif de 20 %).

La biomasse constitue pour la chimie et les néomatériaux de types composites quasiment l'unique substitut au carbone fossile. Elle est déjà utilisée pour l'oléochimie, l'amidonnerie, mais aussi pour les parfums et aromatiques, les huiles essentielles, les cosmétiques et l'industrie pharmaceutique. Ces utilisations traditionnelles et fortement évolutives se développent parallèlement à de nouvelles niches de marché liées aux progrès de la recherche et d'ores et déjà perceptibles à l'horizon 2020.

Biomatériaux - bioproduits

Bois – Pailles – Fibres : construction, papiers, emballage, décoration, textiles, isolation, composites, moulages, nouvelles fonctionnalités et... xylochimie...

Amidons et sucres (céréales, pommes de terre, betteraves, canne...) : polymères, bio-plastiques, tensioactifs, solvants, adhésifs, cosmétiques...

Acides gras (colza, tournesol, soja, graisses animales...) : savons, lubrifiants, solvants, encres et peintures, polymères, tensioactifs...

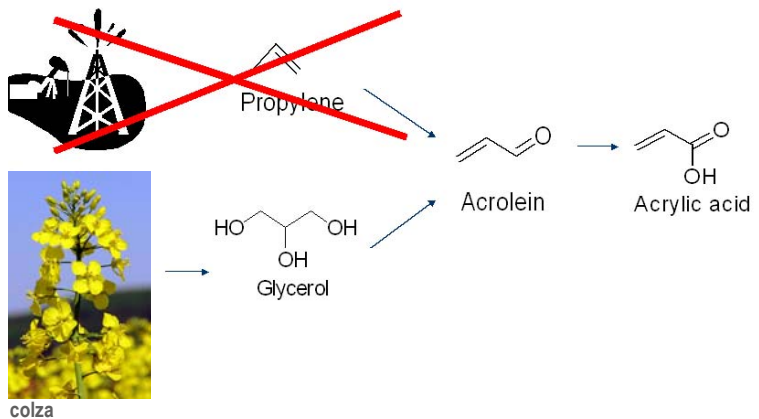
Deux exemples de chimie bio-sourcée

1 – Le Rilsan

Le **Rilsan** est un matériau technique de haut de gamme, produit à partir du pétrole (Rilsan A) ou de l'huile de ricin (Rilsan B) dont les propriétés sont très voisines. Au départ destiné au textile, le Rilsan a vite trouvé des applications techniques dans le monde entier pour les pièces moulées, tubes, gaines, revêtements anticorrosion... grâce à des caractéristiques mécaniques hors du commun.

2 – La filière acrylique

L'acide acrylique est un dérivé du pétrole mais aussi de la biomasse (huile végétale). Le souci d'indépendance vis à vis du pétrole, la réduction des rejets de gaz à effet de serre et l'éco-affichage des produits constituent une motivation pour changer de procédé.



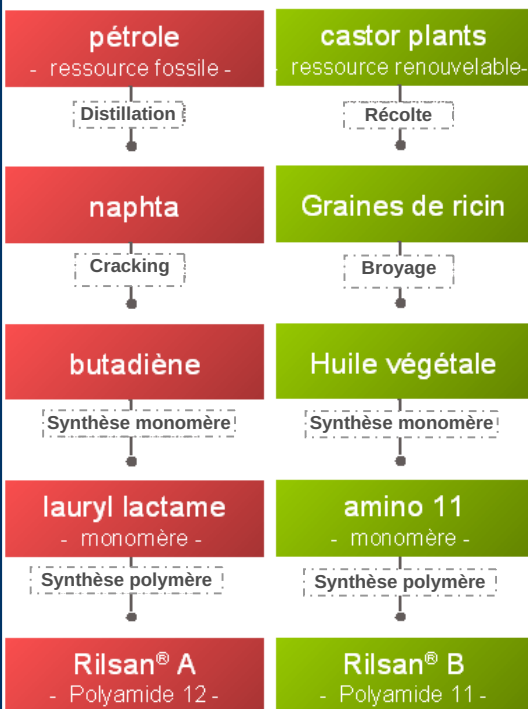
C'est le sens des lourds investissements déjà réalisés et encore prévus en France par Arkema.

La filière acide acrylique

- 40% Super absorbants
 - 21% Peintures
 - 9% Adhésifs
 - 7% Traitement de l'eau
 - 5% Détergents
 - 3% Fibres/Textiles
 - Papier, additifs, encres....
- Acide acrylique →
Production mondiale 3,3 Mt / an



Source : société Arkema



La France a depuis 50 ans l'exclusivité de la production et du développement du polyamide 11 Rilsan, dont le monomère, l'acide amino-undécanoïque, est produit à Marseille St Menet, à partir de l'huile de ricin. La société Arkema en détient les brevets en France et aux États-Unis : une belle aventure technologique française !

Les stratégies possibles

Les produits issus des bio-raffineries sont fabriqués :

- pour se substituer à une molécule ou un produit de la pétrochimie. Dans ce cas, outre le développement technologique, l'enjeu est principalement d'ordre économique (le prix des ressources fossiles joue un rôle primordial) ;
- ou pour proposer de nouvelles applications en utilisant les spécificités de la biomasse (avec toute la difficulté de développer un nouveau marché).

C'est pourquoi, si les recherches sont nombreuses, les réalisations industrielles sont encore limitées. Toutefois les programmes comme [Biohub](#) (porté par le groupe amidonnier français Roquette), les investissements annoncés par Solvay, Arkema, Air liquide, UPM..., et les réalisations industrielles significatives (polymère d'acide lactique, 1,3-propanediol, acide succinique, isosorbide...) montrent que les conditions économiques permettent de plus en plus un développement industriel compétitif de cette chimie bio-sourcée.

L'Association chimie du végétal regroupe les industriels dans le cadre de l'union de cinq pôles de compétitivité (IAR, AGRIMIP, XYLOFUTUR, FIBRES et AXELERA) concernés par l'innovation amont et aval.

Les contraintes

Le développement de la chimie du végétal et des productions bio-sourcées dépend néanmoins fortement des conditions d'accès à la biomasse. Cette accessibilité s'apprécie à la fois en termes de compétitivité, de disponibilité et de qualité.

Le prix : la part des matières premières dans les coûts de production est particulièrement élevé : 50 à 70 % pour l'industrie de la fermentation, 40 à 60 % en amidonnerie et 30 à 50 % pour le papier. Les industriels, à défaut de stabilité des prix, recherchent au moins une certaine lisibilité sur leur évolution.

Les conditions d'accès et de mobilisation des ressources agricoles et forestières dans les quantités nécessaires et garanties. L'adaptabilité des cultures aux sols et à l'économie des exploitations, les techniques culturales raisonnées, les impacts socio-économiques et environnementaux des cultures concernées, les possibilités et méthodes de récolte ainsi que les coûts en fonction des rayons de collecte de la biomasse font l'objet d'importants travaux en ingénierie d'organisation et en logistique aussi bien qu'en recherche.

La qualité des ressources : les caractéristiques de composition de matières premières et leur stabilité dans le temps sont primordiales pour que les process industriels sophistiqués puissent fonctionner.

La volatilité des prix, la qualité des ressources et leur conditions d'accès peuvent justifier la recherche de systèmes d'approvisionnements fondés sur des cultures dédiées, contractualisées et parfois certifiées au détriment des produits banalisés ou sous-produits non traçables.

La recherche et l'importance des technologies du futur

La chimie du végétal peut trouver de nouvelles perspectives (fibres et résines dans les biomatériaux de construction, lipides et protéines comme bases pour les lubrifiants, détergents, tensioactifs,...) sous l'effet conjugué d'une recherche fondamentale accrue, d'innovations récentes et à venir concernant les process, surtout en matière d'enzymologie ainsi que d'une réglementation environnementale plus stricte. Seules ces recherches et innovations permettront d'abaisser durablement les coûts de revient des molécules produites et d'assurer à terme leur compétitivité sur les marchés.

De même, des sauts technologiques très importants restent à franchir pour les biocarburants de 2^{ème} génération avant leur éventuel développement à une échelle industrielle.

La voie biochimique

Des travaux de recherche importants se poursuivent, notamment sur :

- l'adaptation, aux différentes espèces végétales, des techniques utilisables en pré-traitement pour déstructurer la paroi végétale (chauffage, broyage, usage de produits chimiques, etc.) ;
- les souches permettant l'hydrolyse ;
- les levures ou bactéries qui permettent de diriger la fermentation.

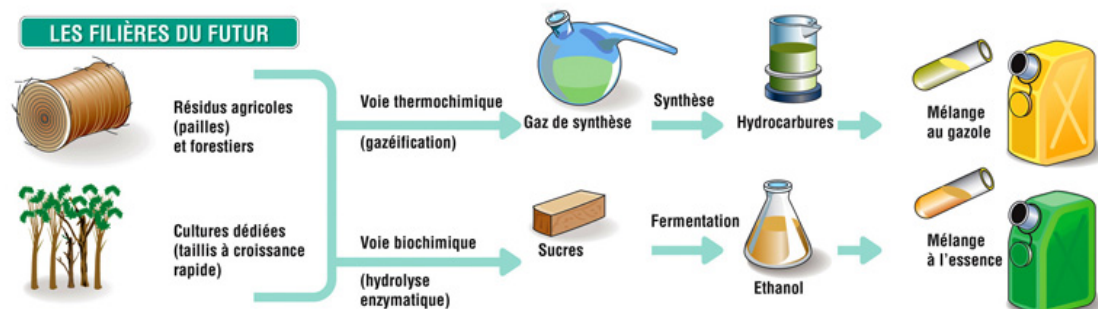
Le projet français [FUTUROL](#) a pour objectif de lever les obstacles à l'industrialisation des procédés.

La voie thermochimique

Cette voie se heurte toujours à des verrous importants lors du traitement de la biomasse, puis de sa gazéification et de la synthèse finale en carburant. Les techniques de pré-traitement de la biomasse brute (pyrolyse ou torréfaction) doivent donc d'abord être expérimentées en unité pilote.

Les procédés d'épuration des gaz doivent ensuite être améliorés pour optimiser le rapport H₂/CO ou réduire le taux d'inertes dans la [synthèse Fischer-Tropsch](#) ultérieure.

En outre, compte tenu du rendement objectif théorique en carburants et des coûts, la taille de l'installation devrait être de 200 à 500 000 t de production minimum pour être rentable, ce qui nécessiterait une quantité de biomasse très importante (de l'ordre de 1 à 3 Mt de biomasse par usine et par an), rendant plus aigu encore le problème d'approvisionnement.



source : IFP énergies nouvelles

Dans ces domaines, des efforts importants sont consacrés à la recherche, via des partenariats multiples entre les entreprises, les centres de recherche et les financeurs publics. Ainsi, le CEA développe un pilote pré-industriel de fabrication de biogazole de 2^{ème} génération à Bure (55) et UPM-Kymmene étudie l'opportunité de réaliser un démonstrateur de production de biodiesel de 2^{ème} génération à Strasbourg. L'État intervient à travers le programme d'[investissements d'avenir](#) et via ses agences - l'Agence nationale de la recherche (ANR) avec [Bioénergies 2010](#), l'ADEME avec l'appel à manifestation d'intérêt ([AMI](#)). Les projets soutenus ([FUTUROL](#), [BioTfuel](#), [GAYA](#)) concernent les trois filières carburants consommés en France (essence, gazole, gaz).

La xylochimie

A l'origine du charbon de bois, de l'essence de thérébentine et du plus ancien des polymères végétaux, le Celluloid, la xylochimie, en pleine renaissance, est une voie stratégique de différenciations pour l'industrie des pâtes à papier. L'usine de Tartas (groupe Tembec) dans les Landes est tout à fait représentative de la capacité des fibres de cellulose à entrer sur les marchés de la chimie de spécialité ou de l'alimentaire.

Quelques pistes pour avancer...

Les recherches fondamentale et industrielle sont l'une des clefs du développement des produits bio-sourcés. Des soutiens financiers existent au niveau national comme européen. L'important est de veiller à la cohérence des programmes de recherche et d'éviter la dispersion des moyens.

Fournisseurs de biomasse, transformateurs et industriels de la chimie détiennent chacun une partie de la connaissance des produits, des technologies, et du marché. Toute démarche coopérative, intégrant également des acteurs des biotechnologies, est à privilégier.

Les produits bio-sourcés devront être identifiés et faire l'objet d'une information pertinente du public. Leur normalisation européenne (autre que celle relative aux bio-carburants) n'en est qu'à ses débuts tout comme les travaux en cours sur le management environnemental. Il est primordial que les acteurs économiques des produits bio-sourcés concernés s'y investissent.

Même si les développements « de l'agriculture à la moléculture » (biocarburants, néo-matériaux, chimie du végétal) s'insèrent majoritairement dans des logiques de filières, massives et matures, aux marchés internationalisés, et auxquelles l'économie du « carbone vert » doit se plier, il s'avère que des démarches territoriales intégrées et volontaristes peuvent aboutir, dans certains cas spécifiques, à des perspectives prometteuses.

Exemples de molécules issues de la chimie du bois

Les pâtes de cellulose sont majoritairement utilisées pour des usages papetiers. D'autres usages existent cependant avec les pâtes à dissoudre utilisées pour la production de fibres textiles (viscose), d'éléments absorbants (hygiène féminine, couches...) ou de molécules diverses :

- les éthers de cellulose, solubles dans l'eau (particulièrement la carboxyméthylcellulose), sont utilisés comme agents épaississants en alimentation. Ils sont en compétition avec d'autres polymères naturels ou de synthèse tels que les alginates et la polyacrylamide. Ils ont également un rôle important dans la formulation des peintures au latex où ils jouent le rôle d'agent de dispersion et de stabilisation. Leur grande variété de molécules permet par exemple, à partir de l'acétate de cellulose, d'obtenir des polymères utilisés dans la fabrication de plastiques, laques, fibres textiles, feuilles isolantes ;
- les esters mixtes (acétate propionate et acétate butyrate) sont largement utilisés pour faire des objets moulés, compte tenu de leur large gamme de propriétés (transparents, translucides, opaques). De nombreux traitements de surface ont été mis au point (antistatiques, antibuées). Ils possèdent une excellente stabilité dimensionnelle, une résistance à la fissuration sous contrainte et une compatibilité avec les plastifiants. Ceci a permis de généraliser leur usage pour les montures de lunettes, casques de tous genres, accessoires de toilette, jouets de haute qualité, etc.

Molécules issues de la lignine

La lignine (autre composant du bois avec le cellulose et les hémi-celluloses) existe sous deux formes commerciales : les lignosulfonates qui sont des sous-produits du procédé bisulfite de production de la pâte de bois, et les lignines Kraft, obtenues à partir des liqueurs noires du procédé Kraft.

Les lignines sont utilisées comme dispersants, complexants, stabilisants d'émulsions, liants et adhésifs. Leurs utilisations sont très diverses : dispersion de noir de carbone, agent de dispersion dans les ciments, le béton et le plâtre, production de pesticides mouillants, régulation de la viscosité des boues lors du forage des puits de pétrole, liants pour la nourriture des animaux, stabilisation des sols, stabilisation des émulsions de cires et d'asphaltes.

Verra-t-on, un jour, des indications géographiques de provenance du « carbone vert » ?

[Retour au sommaire](#)

Soutien à la recherche

Nécessité de programmes coopératifs

Identification des produits bio-sourcés

Opportunité d'approches spécifiques intégrées au niveau des territoires



Focus

Valorisation de la biomasse à la Réunion

Jean Yves Dupré

Un département pionnier

Pionnière de la bio-économie depuis les années 70 avec deux centrales électriques mixtes « bagasse-charbon », la Réunion bénéficie d'atouts importants pour rester, Outre-mer, à l'avant-garde de la biomasse et des énergies renouvelables.

En 2005, le Conseil régional a confirmé l'ambition d'autonomie énergétique de l'île en électricité et en carburant à l'horizon 2030. Cette autonomie en carburant est envisagée grâce aux véhicules électriques et à la biomasse transformée en biométhane (bioGNV).

Stratégie régionale et recommandations

L'ARER (Agence régionale de l'énergie-Réunion) a publié, dès mai 2010, un « schéma directeur biomasse énergie ». Les recommandations du CGAAER, mandaté pour analyser et évaluer cette « feuille de route », portent donc essentiellement sur ce document.

Les points forts, sur lesquels cette stratégie peut s'appuyer, sont :

- la possibilité d'accroître de 20 % d'ici 2020 les rendements en canne par hectare et de 32 % leur teneur en fibre grâce à de nouvelles variétés, augmentant ainsi le potentiel de bagasse de près de 60 %. Ce chiffre doit toutefois être tempéré par les délais nécessaires pour convertir les plantations et, à terme, par l'érosion prévisible de la sole cannière. L'augmentation de la collecte de pailles de canne pour l'énergie doit également être étudiée en même temps que la mécanisation de la récolte, qui risque de se heurter à la concurrence des besoins pour l'élevage,
- le fort développement de l'élevage ouvre la voie aux installations de méthanisation des effluents, si les tarifs d'achat d'électricité sont revus à la hausse ; l'étude de ce potentiel doit encore être affinée.

Le schéma directeur repose aussi sur la « canne fibre », une nouvelle variété qui est à développer sur les terres situées au dessus de l'actuelle sole cannière.

Pour l'ensemble des DOM, la « canne fibre » pourrait être une solution de diversification face aux évolutions possibles de l'économie sucrière. La recherche doit donc couvrir non seulement la production de la canne fibre, mais aussi les technologies de broyage, de stockage et de transformation en énergie (combustion, gazéification, production de bio-méthane). Cependant, les hypothèses élevées de surface envisagées à terme par l'ARER restent à valider.

La valorisation de la biomasse forestière, notamment l'acacia dans les hauts de l'Ouest, mérite également d'être étudiée. Un PER (Pôle d'excellence rurale) va servir à affiner les coûts de revient et l'estimation de ce potentiel. Les risques liés à la technologie de « petite gazéification » ne sont cependant pas négligeables.

Le reste du potentiel réside dans les bio-déchets. Autant le terrain est favorable pour la valorisation des déchets verts, en partie par compostage, en partie par les centrales « bagasse-charbon », autant les perspectives sont difficiles pour la valorisation des bio-déchets ménagers sans réactualisation préalable du Plan d'élimination des déchets ménagers de la Réunion.

Les boues des principales stations d'épuration doivent pouvoir également être méthanisées, soit sur place, soit dans des projets collectifs.

La méthanisation des vinasses de distillerie est en bonne voie à la distillerie de Rivière du Mât. Il reste à étudier la deuxième tranche de ce projet et des solutions similaires pour les distilleries Savannah et Isautier.

L'étude du projet de bio-raffinerie de canne proposée par le GIE Ercane doit être poursuivie en cherchant à y associer d'autres industriels que le groupe Téréos, par exemple GDF SUEZ et Air Liquide. En effet, si un tel groupe d'entreprises françaises disposait d'un ensemble de techniques allant de la production des plants de canne à la transformation de la bagasse en biométhane, la Réunion et la France seraient pionnières sur des technologies ayant un grand avenir dans les zones tropicales.

La mission du CGAAER

A la suite des États généraux de l'Outre-mer, le gouvernement a approuvé la démarche globale de valorisation endogène de la biomasse dans les DOM (Département d'Outre-mer).

En mars 2010, il a ainsi été décidé de réaliser, dans chaque DOM, un état des lieux des projets et un diagnostic des possibilités et des freins.

Les missions commandées au CGAAER s'inscrivent dans ce contexte.

La première d'entre-elles a été conduite à la Réunion.

[Retour au sommaire](#)

De l'eau et des terres

Guillaume Benoît

C'est parce que la Terre est la « planète de l'eau » qu'elle est vivante. La vie est d'ailleurs restée cantonnée dans le milieu aquatique pendant près de trois milliards d'années avant de coloniser les terres émergées. Constituant majeur de toute matière vivante, l'eau est aussi un milieu et une ressource fondamentale pour la vie quotidienne, pour le développement économique et social ainsi que pour la production agricole.

L'eau est aussi probablement le premier facteur limitant dans la lutte pour assurer la sécurité alimentaire. Si l'agriculture pluviale mobilise 6 400 km³ d'« [eau verte](#) » pour fournir 60 % de la production agricole mondiale, les 40 % restant le sont en puisant 2 854 km³/an pour l'irrigation, soit 71 % du total des « [eaux bleues](#) » dont les autres utilisations sont 385 km³ pour les collectivités, 249 km³ pour l'industrie et 535 km³ pour l'énergie thermoélectrique.

bleues. Certaines de ces régions, bien que confrontées depuis toujours à l'aridité et aux sécheresses, souffrent maintenant de graves pénuries d'eau et donc d'une forte dépendance alimentaire.

Un appauvrissement des disponibilités face à des besoins croissants

En zones arides et semi-arides, les populations se sont accrues au 20^{ème} siècle presque deux fois plus vite qu'en zones humides. Et la croissance démographique y demeure forte. Leur population, 373 millions d'habitants en 1950, est passée à 1,187 milliard en 2000 et pourrait être de 1,792 milliard en 2025. Ces zones arides et semi-arides se trouvent principalement en Asie (Moyen-Orient, Inde, Chine...), en Afrique (dont la moitié en Afrique du Nord), et en Amériques (Mexique, Nord-Est du Brésil, Centre ouest des États-Unis...).

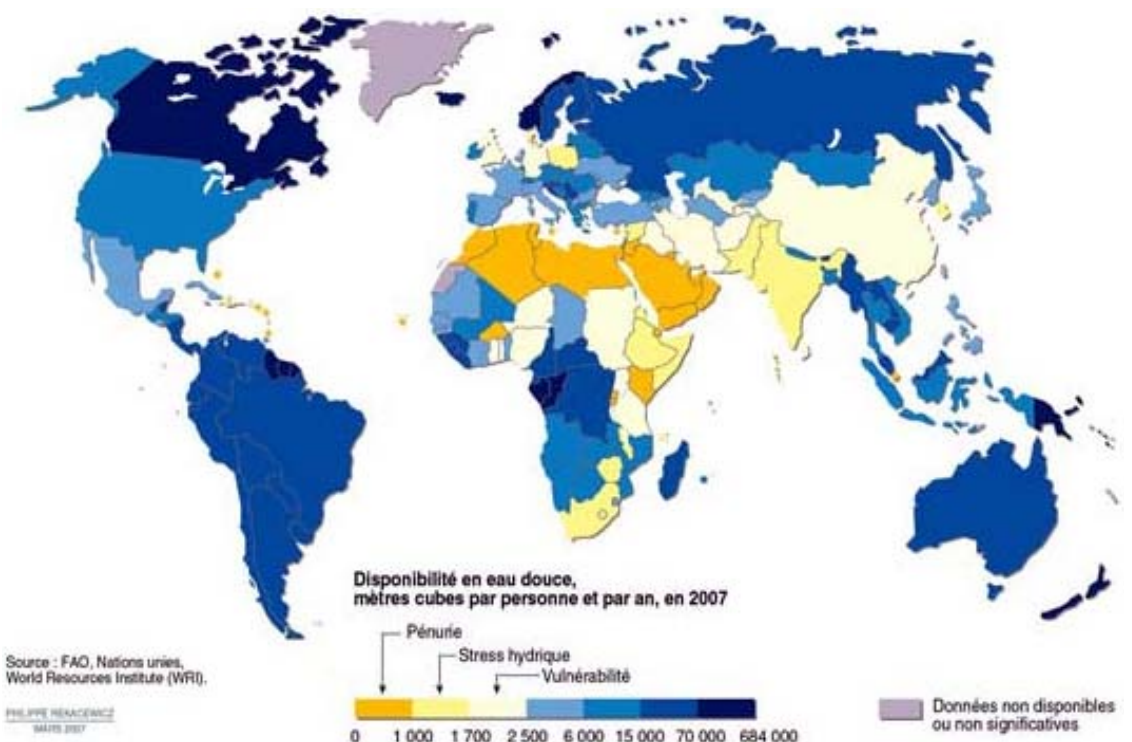
Dans ces zones, le potentiel, interne et externe, de ressources renouvelables, qui était « confortable » en 1950 avec 5 600 m³/hab./an, est ainsi tombé à 1 775 m³ en 2000 et ne devraient être que de 1 175 m³ en 2025, donc nettement en dessous du seuil de « contrainte » (1 700 m³/an/hab.).

En 2050, les ressources internes ne seront plus que de 450 m³/an/hab. Encore, ces moyennes cachent-elles de grandes différences de situation. L'Inde et le

Les zones arides et semi-arides qui représentent 30 % de la surface immergée ne recueillent que 2,5 % des eaux continentales auxquelles s'ajoutent a peu près autant d'apports externes.

La question centrale des zones sèches

L'eau n'a ni la même importance et ni la même valeur partout. En zones sèches, la ressource, limitée en quantité, est le premier facteur limitant de la production agricole. Dans les zones arides et semi-arides, l'irrigation consomme 89 % du total des eaux



Sud de la Méditerranée apparaissent à cet égard comme les deux grands « sites critiques de la planète » : leurs ressources, internes et externes, 520 m³ et 665 m³/hab./an en 2000, devraient ne plus être que de 382 et 475 m³ en 2025, soit des chiffres nettement en dessous du seuil de « pauvreté » ou « pénurie relative » (1 000 m³) et même de celui du seuil de « pénurie » dit parfois aussi de « pénurie absolue » (500 m³). Et ces chiffres retiennent l'hypothèse optimiste de conservation des ressources à leur niveau actuel, ce qui ne sera pas le cas dans plusieurs régions du fait du changement climatique ou du fait de prélèvements accrus en pays d'amont.

Une surexploitation des ressources

La compétition pour les ressources en eau, déjà sauvage, va donc encore s'exacerber aux dépens des milieux aquatiques puis de l'activité agricole (notamment aux dépens des systèmes de production traditionnels à forte valeur sociale et patrimoniale). Elle sera encore plus forte dans les régions sèches qui vont subir de plein fouet les impacts du changement climatique. En pays méditerranéens, notamment au Maghreb, des baisses d'hydraulicité jusqu'à 30 % sont annoncées pour 2050. Le changement climatique affectera aussi bien la production irriguée et que l'agriculture pluviale.

La géographie agricole en sera modifiée, une bonne part des terres méditerranéennes passant de sub-humides à semi-arides ou perdant leur vocation agricole pour ne plus être aptes qu'au pastoralisme. La rive nord sera également affectée puisqu'une partie de la France se « méditerranéiserait », ce qui doit conduire à se ré-interroger sur la question de l'irrigation. Les agricultures d'Asie et d'Afrique subsaharienne seront également fortement touchées.

Avec l'extension anarchique des motopompes, la surexploitation des ressources souterraines, encouragée par l'absence de régulation collective efficace, et, dans nombre de pays, par des subventions à la consommation de gaz ou de pétrole, est en effet devenue ces dernières décennies un phénomène grave qui concerne aussi des zones sub-humides. Cette surexploitation est évaluée à un total mondial d'environ 150 km³/an pour les ressources renouvelables. Elle affecte des nappes importantes pour la sécurité alimentaire (Inde, Méditerranée, Amérique...).

A la surexploitation des ressources souterraines renouvelables s'ajoute l'exploitation minière d'eau fossile estimée à environ 30 km³/an, laquelle va fatalement diminuer par épuisement. Sans changement rapide de scénario, on assistera à des pertes lourdes d'investissements et à des impasses sociales et économiques.

La désertification gagne du terrain

La désertification affecte les zones sèches (y compris sub-humides) et touche directement 70 % des terres et plus d'un milliard de personnes.

La mise en culture de terres à vocation pastorale et l'exploitation « minière » des ressources naturelles (parcours, forêts), ne permettent pas la bonne conservation des eaux, des sols et de la végétation.

Parmi les causes de ces dégradations dans les pays en développement ou émergents, on peut citer le retard de développement rural et la pauvreté, une mécanisation destructrice des sols (usage du cover crop) et l'insuffisance de petits ouvrages de conservation agricole des eaux et des sols, la non-reconnaissance des usages socio-fonciers et l'absence de clarification des droits d'accès aux ressources (parcours, forêts) et des devoirs qui devraient y être associés, ainsi que l'arrivée de nouveaux acteurs puissants qui en profitent pour s'accaparer indûment les ressources.

Il en résulte des inégalités accrues et des pertes élevées de services rendus par les écosystèmes agro-sylvo-pastoraux : baisses des productions alimentaires et énergétiques (bois), envasement rapide des retenues des barrages et aggravation des risques d'inondations. Des parcours ont ainsi perdu en un siècle 90 % de leur productivité. Au rythme actuel et avant la fin du siècle, l'essentiel des réservoirs du sud méditerranéen sera comblé (le réservoir d'Assouan qui a une espérance de vie de 2 100 ans est une exception), alors que les sites disponibles pour de nouvelles constructions sont très limités voire inexistantes.

L'eau et la crise alimentaire mondiale

Aux problèmes spécifiques des zones sèches, s'ajoute aujourd'hui le choc de la crise alimentaire mondiale. La flambée des prix mondiaux, dont la crise de 2007-2008 était une « alerte précoce », affecte de plein fouet tous les pays importateurs nets ainsi que les ménages, qui, dans les pays en développement, consacrent souvent plus de 50 % de leur budget à l'alimentation.

Cette flambée conduit aussi à une explosion du coût des dépenses publiques pour le maintien de la paix sociale dans nombre de pays. Les subventions à la consommation des produits de base, alimentaires et énergétiques, assurées par les « caisses de compensation », peuvent représenter maintenant pour certains États cinq points de PIB (Produit intérieur brut) et dépasser les dépenses publiques d'investissements. Ces politiques de filets sociaux, mal ciblées, profitent souvent davantage aux riches qu'aux pauvres et subventionnent les importations et la surexploitation des ressources en eau (en maintenant artificiellement un coût très bas de l'énergie).

Dans ce contexte, une forte aggravation de la désertification, de la surexploitation des ressources, des sécheresses et des inondations et de leurs impacts sont à craindre.



Les sécheresses et les inondations (Australie, Asie, Argentine...) ont contribué à réduire l'offre alimentaire mondiale.

La montée du prix du pétrole mais aussi les sécheresses et les inondations ainsi que la mauvaise valorisation de l'eau par l'agriculture tiennent une bonne place parmi les nombreux facteurs structurels qui contribuent à expliquer la flambée des prix. Le recul et le non-renouveau, depuis 30 ans, des politiques agricoles dans de nombreux pays n'a pas permis à l'immense masse des petits agriculteurs, gestionnaires de l'essentiel de l'eau agricole au niveau mondial, l'une des clefs de la sécurité alimentaire mondiale, d'en tirer suffisamment parti. Les taux d'analphabétisme sont restés élevés, l'accès au marché et au crédit réduit et la productivité faible.

Des réponses actuelles inappropriées

Certaines réponses apportées : restrictions aux importations et « *land grabbing* » (accaparement des terres et des eaux par des investisseurs étrangers dans certains pays notamment d'Afrique) peuvent conduire à aggraver les problèmes au lieu de les résoudre.

Les investissements, non encadrés par des règles de bonne conduite, peuvent remettre en cause les droits d'usage des communautés, promouvoir des systèmes de production peu créateurs d'emplois et à coût environnemental et énergétique élevé. Ils ne permettent pas un vrai développement, c'est à dire la transformation des paysans et de leurs groupements en « entrepreneurs » avec une montée progressive de l'échelle économique.

Pourtant, plusieurs exemples au Sud en montrent la possibilité malgré la petite taille des exploitations (cf. le cas remarquable de la COPAG, coopérative de Taroudant au Maroc).

Mal régulé, le « *land grabbing* » peut ainsi renforcer l'exode rural dans des pays où les autres secteurs économiques non-agricoles sont déjà bien incapables de produire des emplois en nombre suffisant pour répondre à l'arrivée massive des jeunes sur le marché du travail. Et il peut également entraver l'accès des pauvres à l'alimentation et de fait être une cause directe ou indirecte d'instabilités sociales et politiques majeures.

Les questions d'énergie, d'eau, de développement, d'environnement et de sécurité alimentaire sont donc intimement liées, et doivent être réfléchies de façon systémique et prospective.

Risques d'instabilités en cascades et pistes pour un scénario de verdissement et de durabilité

Dans ce contexte général et alors qu'il faudra accroître de 50 à 70 % l'offre alimentaire d'ici 2050 pour nourrir neuf milliards d'habitants, on doit craindre un scénario tendanciel noir marqué par la flambée des prix, des fuites en avant, la montée de réponses à courte vue, et l'aggravation de la faim, de

la pauvreté, des conflits et des instabilités qui pourraient rapidement devenir globaux.

Viser un scénario alternatif devrait conduire à redonner une priorité au concept de « développement » intégrant les trois dimensions du développement durable : sociale, économique et environnementale.

Ceci suppose une prise de conscience, par les urbains, de l'importance de l'agriculture, des risques, des enjeux et des interdépendances multiples (rural/urbain, amont/aval, régions pauvres et riches en eau...).

Cela suppose aussi d'avoir une vision de la nature qui ne soit pas celle de la sanctuarisation mais au contraire celle de la mise en valeur et du bon « ménagement » des ressources et des écosystèmes pour produire de façon durable les biens et services (y compris environnementaux). Il faut en effet permettre à l'humanité de satisfaire à long terme ses besoins fondamentaux, lesquels sont d'abord l'alimentation (y compris l'eau), l'énergie et la sécurité collective. Un tel scénario suppose de reconnaître et soutenir le rôle de gestionnaire de la biosphère des agriculteurs et de passer de modèles de développement de type « minier » ou/et créateurs de trop fortes inégalité territoriale et sociale (opposition entre bénéficiaires et victimes de la mondialisation) à des modèles de développement économique plus durables et plus inclusifs.

Des changements importants dans les visions et les politiques sont donc indispensables. De nombreuses réflexions et réorientations en cours montrent que des voies de progrès vers un scénario alternatif sont possibles et que de nouvelles réponses se mettent en place. Un tel scénario alternatif pourrait conduire à se donner les huit objectifs prioritaires.

- Réduire toutes les pertes et gaspillages (alimentaires, énergétiques, d'eau et de terres agricoles péri-urbaines) et les mauvaises utilisations, par des politiques jouant sur la demande (efficacité énergétique, gestion de la demande en eau) ou visant la protection durable (terres agricoles) pour préserver la base productive de nos économies.

- Promouvoir une économie de qualité (agriculture, industrie et services, valorisation de l'énergie solaire...) intensive en emplois et à faible consommation d'eau dans les pays en développement en situation de pauvreté ou pénurie pour pouvoir offrir des emplois aux jeunes, payer la facture alimentaire et maintenir les stabilités. Valoriser la diversité territoriale et les nouvelles opportunités de marché (exemple : panier méditerranéen, produits de terroir).

- Valoriser le potentiel productif dans les pays riches en eau pour contribuer à assurer la sécurité alimentaire globale et le maintien de prix mondiaux acceptables. Imaginer des « *new deals* » géopolitiques régionaux entre voisins riches et pauvres en eau, partageant un destin commun (notamment entre l'Europe, le Sud et l'Est méditerranéens) pour la sécurité alimentaire et un co-développement durable.

Près de 15 à 20 millions d'hectares de terre ont été loués ou acquis à l'étranger par une douzaine de pays aux fortes réserves financières (Corée du Sud, Japon, Arabie saoudite, Emirats arabes unis, Chine).

Source : GRAIN, ONG internationale

- Donner priorité à des politiques agricoles et territoriales/rurales permettant de responsabiliser tous les acteurs, sécuriser les revenus, professionnaliser et structurer la petite agriculture dans les pays en développement et émergents, permettant aussi une meilleure efficacité dans l'utilisation de l'eau agricole, la valorisation des terroirs et des produits notamment des montagnes et zones sèches, la diversification économique et le rééquilibrage du développement régional.

Structurer une filière du savoir, des formations et des systèmes de crédit et de subventions adaptés pour que les agriculteurs, leurs groupements et autres ruraux puissent, avec l'appui de services de proximité de qualité (vulgarisation) élaborer et développer leurs propres projets.

Encadrer les grands investissements par des règles de bonne conduite et appuyer des agrégations gagnant/gagnant entre petits producteurs et grandes exploitations ou investisseurs.

Soutenir la structuration des petites villes servant l'espace rural.

- Intégrer l'objectif de gestion durable des ressources comme une priorité dans les politiques de développement et d'environnement. Conforter les capacités de gouvernance collective des ressources (associations syndicales, usagers des eaux agricoles, sociétés d'aménagement, coopératives pastorales, agences...).

Mobiliser de nouvelles ressources en eau par un renforcement du captage et du stockage notamment dans les nappes, une gestion conjointe des eaux de surface et souterraines, un transfert et un développement des réutilisations en réduisant en même temps les surexploitations et les dégradations.

Mettre en place des chartes et plans d'action au niveau des « sites critiques » (nappes surexploitées ou polluées, agriculture péri-urbaine, zones érodables ou inondables) qui le nécessitent pour assurer la durabilité de la base productive.

Reconnaître la réalité des usages socio-fonciers des terroirs, clarifier et sécuriser les droits d'accès aux ressources des communautés, agriculteurs et éleveurs et les devoirs de gestion associés dans le cadre de contractualisations, accompagnées le cas échéant de « paiements pour services environnementaux » dont certains seront financés par les bénéficiaires situés en aval.

Réduire d'au moins 30 % la vitesse d'envasement des retenues des barrages dans les sites critiques qui le justifient.

- Innover pour produire plus et mieux en promouvant une agriculture de précision économe et une « intensification écologique » (agro-écologie...) qui conserve l'eau et les sols, capte le carbone, accroît la production et assure surtout une meilleure résilience aux chocs climatiques.

Réussir de nouvelles rencontres entre savoirs formels et locaux.

Promouvoir des systèmes alimentaires et agricoles, des variétés et productions (par exemple en zones à fort stress hydrique les produits de terroir, le blé dur et l'orge plutôt que le blé tendre, le sorgho plutôt que le maïs ou la luzerne) adaptés au changement global (changement climatique, montée des prix des intrants dont l'énergie...) et aux différents contextes locaux.

- Repenser les politiques de filets sociaux pour les « verdier » en en faisant des outils innovants de développement durable. Ceci pourrait le cas échéant conduire dans certains pays au passage progressif et résolu d'aides aux produits de base à des paiements directs assortis de conditionnalités sociales (à l'instar de ce que mettent en œuvre, avec succès, plusieurs pays d'Amérique latine) mais aussi environnementales. Si la conditionnalité sociale contribue à éradiquer la pauvreté en garantissant un meilleur accès des jeunes aux soins de santé et à l'éducation, la conditionnalité environnementale pourrait en effet permettre aux communautés rurales vulnérables de sortir durablement de la pauvreté en contribuant à assurer la restauration des milieux et ressources dont elles dépendent pour leur vie quotidienne tout en devenant des producteurs de services environnementaux rémunérés par la société au bénéfice de tous.

- Reconnaître l'importance et la responsabilité stratégique des agriculteurs, des agricultrices et de l'agriculture, et donc la spécificité des produits agricoles qui ne sont pas des marchandises comme les autres.

Reconnaître par conséquent la légitimité, le cas échéant, de protections régionales adaptées et durables.

Développer des capacités de prospective, des visions et stratégies macro-régionales (par exemple à l'échelle de l'Afrique de l'ouest, de l'Euro-Méditerranée...), régionales et économiques d'agriculture durable permettant le développement de l'agriculture familiale, des territoires et des filières et prenant en compte les enjeux de l'eau, du changement climatique, de la sécurité alimentaire et du maintien des équilibres urbain/rural.

[Retour au sommaire](#)

En conclusion

L'équation de notre futur est donc aussi simple à formuler que difficile à résoudre :

il faut réduire nos consommations,
il faut « décarboner » nos énergies et notre économie,
il faut séquestrer plus de carbone, et plus longtemps,

dans un contexte démographique et socio-économique mondial oppressant, et sous la menace de dérèglements climatiques que nous ne mesurons pas encore...

Or, les filières du vivant peuvent offrir à terme 20 à 30 % des réponses à cette quadrature, parce qu'elles détiennent la clef de la photosynthèse.

Mais ces filières doivent être efficaces et productives, sobres et diversifiées pour être vraiment à la hauteur de ces enjeux.

Comme on l'a vu, pour toutes les valorisations de la biomasse d'origine agricole contribuant à une nouvelle forme d'économie, la « bio-économie », créatrice d'emplois et de valeur ajoutée, doit être en synergie avec la fonction vitale de la terre, celle de nourrir les hommes.

L'importance des océans dans la régulation climatique et la captation de 50 % du CO₂ atmosphérique n'a pas été oublié, mais ce numéro n'abordera pas la production de biomasse maritime non-alimentaire exploitable. En effet, la production de biocarburants et autres composés chimiques par les microalgues est encore au stade expérimental et ne semble pas, dans un futur proche, pouvoir atteindre une dimension économique en raison du coût de production. La relation entre pêche et énergie qu'elle consomme, fera quant à elle l'objet du dossier du mois en novembre prochain.

L'énorme potentiel que représentent la forêt, le bois et les fibres pour l'économie du « carbone vert » sera le cœur du numéro spécial Biomasse – Énergie – Climat, tome 2, consacré à « L'énergie des bois ».

[Retour au sommaire](#)

Bibliographie

Rapports, dossiers et études du CGAAER

Dossier de formation CGAAER/AgroParisTech 2011 « Le carbone renouvelable ressources, politiques et filières »

Rapport CGAAER 2011/N° 1978-bis : La biomasse, source de croissance verte pour la Guyane

Rapport CGAAER 2011/N° 10156 : Valorisation de la ressource forestière sous forme de sciages

Rapport CGAAER 2010/N° 1978 : Les filières de la biomasse Outre-Mer (États généraux de l'Outre-Mer)

Rapport CGAAER 2010/N° 10151 : Filières et entreprises de la trituration du bois en France

Rapport CGAAER 2010/N° 2117 : Évaluation des projets de méthanisation agricole (PEE : Plan pour l'efficacité énergétique)

Rapport CGAAER 2010/N° 1848 : Appui aux stratégies de mobilisation et de valorisation de la biomasse

Assemblée générale du CGAAER du 10/12/09 : Énergie et climat ; enjeux et politiques publiques

Rapport CGAAER 2009/N° 1906 : Directive EnR (Energie renouvelable). Critères de développement durable applicables à la biomasse

Rapport CGAAER 2009/N° 5704 : Mise en valeur de la forêt et développement de la filière bois (mission du ministre J. Puech)

Étude CGAAER 2008 : Prospective « Forêt 2050 »

Rapport CGAAER 2008/N° 1788 : Fiscalité des biocarburants

Rapport CGAAER 2007/N° 1572 : Efficacité énergétique et production d'énergie renouvelable en agriculture

Rapport CGAAER 2006/N° 2390 : Maîtrise de l'énergie et autonomie énergétique des exploitations agricoles

Rapport CGAAER 2006/N° 2414 : Faisabilité des filières biocarburants et biocombustibles dans les DOM

Rapport CGAAER 2005/N° 2272 : Analyse et optimisation des soutiens aux filières biocarburants

Rapport CGAAER 2005/N° 2310 : Bois énergie et possibilités de développement

Atelier « Énergie 2100 »/2011 : Rapport final « biomasses et énergies » (avec la participation du CGAAER)

Atelier « Énergie 2100 »/2010 : Toile de fond prospective et technologique des filières industrielles de la biomasse (avec la participation du CGAAER)

Revue forestière française/2010 : Carbone vert et forêt (avec la participation du CGAAER)

Le Flamboyant. 2009 : Radiographie des énergies renouvelables (avec la participation du CGAAER)

Futuribles. 2007 : Le potentiel de la biomasse (avec la participation du CGAAER)

Rapports, dossiers et études de l'ADEME

ADEME et partenaires. 2006/2008/2010 : Évaluation des potentiels de bio-ressources mobilisables (observatoire)
ADEME. 2011 : Fibres végétales à usages matériaux
ADEME.2010 : Panorama et potentiel des bio-raffineries
ADEME. 2010 : Rentabilité des projets de méthanisation et marchés du biogaz
ADEME. 2010 : ACV (Analyse de cycle de vie) des biocarburants de 1^{ère} génération
ADEME. 2010. Coûts de mobilisation pour les chaufferies biomasse
ADEME. 2009 : Méthodologie pour la réalisation des ACV des bioproduits
ADEME. 2009 : Évaluation prospective de l'impact des bioénergies sur la pollution atmosphérique
ADEME. 2009 : Feuille de route pour les biocarburants de 2^{ème} génération
ADEME. 2008 : Récolte raisonnée des rémanents forestiers
ADEME.2008 : Valorisation des déchets de bois et des cendres
ADEME. 2007 : Prospective des marchés des biocarburants et bioproduits
ADEME. 2007 : Potentiel d'emplois dans la filière biocombustibles
ADEME. 2007 : Les matériaux polymères biodégradables
ADEME 2006 : Les nouveaux marchés des fibres végétales
ADEME/AGRICE. 2003 : Nouvelles ressources industrielles, de l'agriculture aux bioproduits

Ouvrages de librairie

Jean de Kervadoué. 2011. PLON : La peur est au dessus de nos moyens
Yves Benoît. 2011. Éditions CNDB. La maison à ossature bois
Laurent Piermont. 2010. SEUIL : Vers des solutions durables
Edgard Pisani. 2009. SPRINGER : Une politique mondiale pour nourrir le Monde
Daniel Ballerini. 2007. Éditions IFP : Le plein de biocarburants
Michel Griffon. 2006. JACOB : Nourrir la planète
Jean François Rischard. 2003. ACTES SUD : 20 défis pour la planète, 20 ans pour y faire face
Paul Colonna . 2005. Lavoisier : La chimie verte
ITEB. 2005. web : base de données bibliographique sur le bois énergie et les EnR.

Autres rapports publics et privés

MAAPRAT/CEP 2011 : Prospective agriculture énergie 2030
Agence Internationale de l'Énergie : Scenarii énergétiques de base 2050 (publication annuelle)
PIPAME . 2011 : Marché des nouveaux produits issus du bois et tendances 2020
État . 2010 : Plan d'action national en faveur des énergies renouvelables (Paquet énergie-climat. Rapport à l'Union européenne)
État. 2010 : Les 18 filières de la croissance verte
MAAPRAT/CEP. 2010 : Terres cultivables et cultivées dans le monde
PIPAME. 2010 : Les mutations dans le domaine de la chimie
FAO. 2010 : Évaluation des ressources forestières mondiales
FAO. 2009 : Étude N° 162/What woodfuels can to mitigate climate change ?
Formule verte/Usine Nouvelle. 2010 : Dossier biomasse et chimie du végétal
INRA/AGRIMONDE. 2009 : Prospective Agrimonde 2050 ; Scenarii et défis pour nourrir le Monde
Forêt/Filière bois/ biomasse : Rapports parlementaires Juillot (2003) et Puech (2009)
Énergie Plus. Dossiers 2009 : Copenhague et l'avenir du climat/Pleins feux sur le bois énergie/ACV des biocarburants/Méthanisation, les clefs de la réussite/Cogénération biomasse
VTT Finlande. 2009 : Energy Vision 2050
HCCA. 2009 : La chimie du végétal
SNPAA. 2009 : L'alcool et l'éthanol en France, en Europe et dans le Monde
Écofor Bio2. 2009 : Biomasse et biodiversité forestières DEMETER.
2009 : La sécurité alimentaire, une priorité politique
État . 2008 : Groupe d'évaluation des filières de biocarburants de 2^{ème} génération
État . 2007 : Plan stratégique biocombustibles
État . 2007 : Plan stratégique chimie du végétal et biomatériaux
OCDE . 2007 : La bio-économie en 2030 ; Programme d'action
État . 2006 : Division par quatre des émissions de GES en 2050 (groupe Facteur 4)
Université d'Utrecht. 2006 : Bioenergy potential for forestry by 2050
État. 2006 : Biocarburants ; questions et réponses
CEI bois 2006 : Le bois et le changement climatique
CESE (rapport Pasty). 2004 : Les débouchés non alimentaires des produits agricoles
Accord cadre national 1999 : Bois, construction, environnement
Parlement européen 1994 : L'Europe et la Forêt ; Eurofor

[Retour au sommaire](#)

« AAER » et ses articles peuvent être partagés, copiés, distribués ou transmis à condition de ne pas les modifier et de citer explicitement la source, CGAAER – Conseil général de l'alimentation, de l'agriculture et des espaces ruraux, sans suggérer qu'il vous soutient ou approuve votre utilisation de sa publication.

Directeur de la publication : Jacques Brulhet
Responsable de la rédaction : Raymond Figuet
Comité de rédaction : Eric Bardon, Charles Dereix, Anick Leblanc-Cuvillier.

Appui technique : Dicom

[Accès aux numéros précédents](#)

ISSN : 1961-8921

Crédit photos

Page 5 : ANR ; page 6 : CNRS ; page 8 : FRCUMA Centre ; page 11 : Wheat feald ; page 18 : R. Roletschek ; ministère de l'agriculture, de l'alimentation, de la pêche, de la ruralité et de l'aménagement du territoire – <http://photo.agriculture.gouv.fr/>.

Contact

Conseil général de l'alimentation, de l'agriculture et des espaces ruraux
251, rue de Vaugirard
75732 PARIS Cedex 15
diffusion.cgaaer@agriculture.gouv.fr

Pour s'abonner, signaler un changement, supprimer son abonnement, transmettre un avis