

Energie et effet de serre :

quelles évolutions pour l'agriculture ?

A. Riedacker¹, J. Mousset², L. Bodineau², J. Racapé³, O. Theobald²

1 : INRA, 63, Bd de Brandebourg, F-94205 Ivry cedex ; a.riedacker@wanadoo.fr

2 : ADEME, 2, square La Fayette, BP 90406, F-49000 Angers ; jerome.mousset@ademe.fr ; luc.bodineau@ademe.fr ; olivier.theobald@ademe.fr

3 : MIES, 20, Avenue de Ségur, F-75007 Paris ; joseph.racape@ecologie.gouv.fr

Résumé

La diminution des ressources pétrolières et le changement climatique vont peser fortement sur l'évolution de l'agriculture. Les objectifs nationaux sont de stabiliser les concentrations de gaz à effet de serre dans l'atmosphère, donc de diviser les émissions par 4 à l'horizon 2050. Par ailleurs, la dépendance de la France en produits fossiles importés incite à développer les valorisations énergétiques des biomasses.

Les inventaires des émissions pour le secteur agricole donnent des bilans différents selon les périmètres considérés. Il faut tenir compte non seulement des émissions de méthane et de protoxyde d'azote mais de l'ensemble des émissions liées à l'activité agricole, les sources et les puits de CO₂, c'est-à-dire les variations de stocks de carbone, les réductions d'émission liées aux valorisations non alimentaires de la biomasse, etc. Il s'agira de rechercher de nouveaux équilibres entre la production maximale de biomasse par unité de surface tout en préservant la qualité des écosystèmes, la meilleure efficacité énergétique dans l'utilisation des terres et de réduire les émissions de GES par unité produite.

Les principales évolutions des pratiques agricoles envisageables à court terme concernent la maîtrise de la fertilisation azotée, la réduction de la consommation d'énergie, la méthanisation des effluents d'élevage et le changement d'utilisation des terres. Les perspectives de production et de valorisation de la biomasse pour l'énergie et les bioproduits sont par ailleurs très importantes. En France, 2 millions d'hectares de surface agricole pourraient être consacrés à la production d'énergie dès 2010. Les productions de biocombustible pourraient accroître sa contribution de 3 à 4 Mtep en 5 ans.

A plus long terme, l'objectif "facteur 4" nécessite une évolution beaucoup plus importante de l'agriculture. L'élaboration de stratégies agricoles requiert la mise au point d'approches intégrées prenant en compte l'ensemble des espaces agricoles et forestiers ainsi que toutes les conversions et utilisations des phytomasses et biomasses.

Introduction

La raréfaction des ressources pétrolières et le défi climatique sont des enjeux majeurs de société qui pèseront fortement sur toutes les activités économiques. L'agriculture se retrouve, parmi d'autres, au centre de multiples débats. D'abord parce qu'elle peut apporter une partie des solutions et ensuite parce qu'elle devra aussi s'adapter aux changements climatiques. Face à ces défis, la place de l'agriculture est donc à préciser pour permettre aux différents acteurs de construire des stratégies adaptées.

La France est largement dépendante des combustibles fossiles importés. Or les réserves fossiles mondiales ne sont pas inépuisables. On estime que les réserves de pétrole conventionnel pourraient encore durer de l'ordre de 40 ans au niveau actuel de consommation, tout comme celles de gaz. Les tensions d'abord sur le prix du pétrole puis sur les autres énergies fossiles amèneront les pays industrialisés et en développement à mieux utiliser les énergies non renouvelables ainsi qu'à développer des énergies alternatives. L'agriculture est de ce fait sollicitée directement pour produire massivement des biomasses non alimentaires afin de réduire ou de limiter les consommations de produits fossiles, tout en optimisant sa consommation directe et indirecte de pétrole.

Les gaz à effet de serre (GES), émis depuis deux siècles par les activités humaines, augmentent l'effet de serre, ce qui accroît le réchauffement de la planète : la température moyenne de la terre a augmenté de 0,6°C depuis un siècle. Le dernier rapport du Groupe intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) prévoit des augmentations de la température mondiale par rapport à 1990 comprises entre 1,4 et 5,8°C en 2100. (cf. SEGUIN et SOUSSANA, 2006, dans ce même ouvrage). Cette fourchette résulte, d'une part, (sans doute pour moitié) des différents scénarii d'évolution des émissions de gaz à effet de serre (GES) d'origine anthropique d'ici la fin du siècle et, d'autre part, des difficultés de modélisation de l'évolution du climat. Ces perspectives imposent de prendre dès à présent des mesures efficaces. Il s'agit d'un véritable défi planétaire dans lequel l'agriculture a une place importante.

Ces prévisions ne doivent cependant pas occulter que le rôle essentiel de l'agriculture au niveau mondial reste l'alimentation, comme le souligne d'ailleurs la Convention Cadre des Nations Unies sur le Changement Climatique (CCNUCC). Or, les besoins alimentaires mondiaux vont continuer à augmenter : de 6 milliards d'hommes actuellement, la population mondiale pourrait passer à 7,5 milliards en 2020 et à 9,4 milliards en 2050. La sécurité alimentaire restera donc un enjeu stratégique majeur devant être pris en compte dans les scénarii d'évolution.

L'agriculture est probablement à l'aube d'une nouvelle et importante évolution. D'une part, elle **est amenée à accroître la production mondiale de phytomasse** pour satisfaire l'alimentation et les nouveaux besoins énergétiques ; d'autre part, elle **devra réduire ses émissions de GES et sa consommation énergétique** sans pour autant pénaliser la production. Ces enjeux conduisent à rechercher de nouveaux modes de production, de nouvelles répartitions et complémentarités aux niveaux mondial et européen, au sein des pays, et enfin au niveau des territoires locaux.

Après avoir précisé dans une première partie le contexte énergétique et climatique pour l'agriculture, nous examinerons, dans la deuxième partie, les principales évolutions envisageables à court terme en France. Dans une troisième partie, nous proposerons une approche méthodologique intégrée permettant la construction de stratégies plus globales et à long terme, en tenant compte en particulier de l'objectif national qui prévoit de diviser les émissions de GES de notre pays par quatre d'ici le milieu du siècle.

1. Le contexte général

1.1. Le problème de l'énergie et l'agriculture

La consommation mondiale de pétrole ne cesse de croître, en particulier dans les pays émergents tels que la Chine et l'Inde. Demain, l'Afrique viendra peut-être renforcer cette demande en consommant également davantage de pétrole. Certes, des progrès dans les domaines de l'exploitation et la prospection de nouveaux champs pétroliers sont envisageables dans un avenir

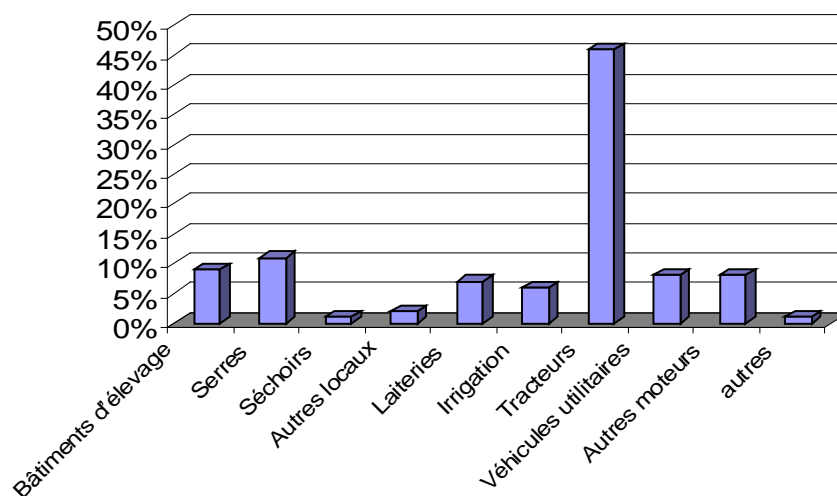
proche. Cela permettra d'augmenter les capacités d'extraction dans les gisements connus. On peut cependant considérer que les tensions sur le marché des énergies fossiles ne sont pas conjoncturelles mais structurelles. Les secteurs très dépendants des énergies fossiles comme les transports seront très touchés. Cela affectera aussi, comme lors des précédents chocs pétroliers, la balance commerciale de nombreux pays, dont celle de la France¹.

– La consommation énergétique du secteur agricole

L'augmentation du prix des énergies fossiles pose la question de la dépendance de l'agriculture par rapport à l'énergie consommée et en particulier par rapport au pétrole.

La consommation d'énergie directe du secteur agricole est relativement faible mais peut avoir un poids déterminant dans certains secteurs. Elle ne représente qu'environ 2% de la consommation nationale d'énergie ; environ 3 Mtep²/an en 2004, dont 2,3 Mtep de produits pétroliers (DGEMP, 2005). Ce taux est stable depuis 20 ans et la progression du volume de production agricole n'a pas engendré une croissance importante de la consommation d'énergie. Le coût de l'énergie directe représente en moyenne 5% des charges de production (RICA, 2004). Certains secteurs sont cependant plus dépendants du coût de l'énergie que d'autres ; d'après le CTIFL, dans les productions légumières sous serre, l'énergie représente de 20 à 35% du coût de production et jusqu'à 40% en 2005. Les tracteurs constituent de loin le poste le plus consommateur d'énergie directe. Ils utilisent à eux seuls 46% des produits pétroliers, avec un usage exclusif de fuel domestique (figure 1, SCEES 1994). Les serres et les bâtiments d'élevage consomment respectivement 11% et 9% des produits pétroliers de l'agriculture pour des besoins de chauffage.

FIGURE 1 – Usages professionnels des énergies fossiles dans l'agriculture (source SCEES, 1994).



Il faut ajouter à cela les consommations indirectes. Celles qui sont consécutives à la fabrication des engrais azotés utilisés en France, essentiellement du gaz naturel, sont d'environ 2,9 Mtep soit une consommation supérieure aux utilisations directes de produits pétroliers au sein des exploitations agricoles. Notons qu'une grande partie de ces engrais est importée.

Une analyse de la consommation énergétique globale (directe et indirecte) de 140 exploitations agricoles montre que 80% de l'énergie consommée dépend des quatre postes suivants : le fuel, l'électricité, la fabrication des engrais et la fabrication des aliments du bétail (ENESAD-ADEME, 2002). L'étude met également en évidence, à systèmes de production semblables, une très grande variabilité de la consommation énergétique par unité produite. Sur cet échantillon, la consommation

1 : Le prix du pétrole a augmenté de 350% depuis 1999 (en euros courants), mais reste malgré tout, en euros constants, inférieur à celui de 1984

2 : Mtep : Million de tonnes équivalent pétrole

énergétique nécessaire à la production de 1 000 l de lait varie de 1,7 GJ à 8,6 GJ. Avec une telle variabilité, l'augmentation du coût de l'énergie aura des impacts économiques très différents selon le niveau de dépendance de l'exploitation à l'énergie et amènera les agriculteurs à prendre en compte davantage l'énergie dans leurs choix techniques.

- La production d'énergie

La deuxième conséquence de cette situation énergétique est, pour l'agriculture, le développement de filières de production de phytomasse (ce qu'on appelle généralement de la biomasse, lorsque l'on prend également en compte les déchets animaux) **à des fins non alimentaires** permettant de réduire la dépendance de la France en produits fossiles importés. Grâce à la photosynthèse, les plantes transforment l'énergie solaire en énergie biochimique pouvant fournir des aliments, des bioproduits et des bioénergies. Les productions végétales sont en effet parmi les rares activités économiques qui ont des bilans énergétiques positifs (environ 5 fois plus d'énergie produite que consommée).

1.2. Le défi climatique et l'agriculture

Les défis énergétiques et climatiques se superposent, mais les seconds impliquent de prendre en compte des émissions autres que celles de gaz carbonique des énergies fossiles (PNLCC, 2000 ; Plan Climat ; MIES, 2004).

- Le protocole de Kyoto

Le protocole de Kyoto vise à réduire les émissions des pays industrialisés de 5,2% d'ici 2012 par rapport à 1990. L'Union européenne (à 15) s'est engagée à diminuer ses émissions de 8%. Compte tenu du partage de ce fardeau au sein de cette union, la France et la Finlande devront seulement les ramener en 2010 au niveau de 1990 alors que l'Allemagne et le Danemark devront les réduire de 24% par rapport à 1990. Le plan Climat définit un ensemble d'actions permettant d'atteindre cet objectif pour la France. **Compte tenu de la croissance des émissions depuis 1990, la France doit réduire ses émissions de 72 MteCO₂** (Millions de tonnes équivalent CO₂ ; Plan Climat : MIES, 2004). Cet objectif constitue un virage significatif, mais non suffisant à long terme.

- La stabilisation des concentrations de GES dans l'atmosphère

Pour stabiliser les concentrations d'ici le milieu ou la fin de ce siècle, il ne suffira pas de stabiliser le niveau des émissions. Très schématiquement, il faudra diviser les émissions mondiales actuelles par 2 car les océans ne sont capables d'absorber que la moitié des émissions actuelles (RIEDACKER, 2003). Il faudra faire converger les émissions annuelles par habitant entre 1 et 1,5 teCO₂. Or, actuellement les émissions par habitant des nord-américains sont dix à vingt fois plus fortes que celles des pays en développement ; celles des européens ou des japonais sont quatre à six fois plus fortes. Pour des raisons d'équité, **la France devrait donc diviser ses émissions nationales par 4** ("facteur 4"). **Ceci supposera de très importants changements technologiques et organisationnels.**

- Les comptabilités des émissions de GES concernant l'activité agricole et forestière

Les inventaires des émissions de GES que chaque pays doit fournir au Secrétariat de la Convention cadre des Nations Unies sur le changement climatique (CCNUCC) ont pour objectif de recenser les émissions sur le territoire de chaque pays de la manière la plus exacte, la plus transparente et la plus vérifiable possible. Aussi les émissions sont-elles recensées par secteur, ce qui a l'avantage d'éviter les double comptages et les oublis (GIEC, 1996, 2000, 2003 et à paraître en 2006). **Si cette approche peut convenir pour les secteurs seulement émetteurs de gaz à effet de serre, tel n'est pas le cas, et il faut insister avec force, pour les ensembles "agriculture", "forêts", "biomasses" tout au moins lorsque l'on souhaite définir des politiques.** Le tableau 1 donne différents bilans de GES de l'activité agricole et forestière de la France selon diverses comptabilités.

TABEAU 1 – Inventaires, suivant diverses comptabilités, des émissions de gaz à effet de serre du territoire français en 1990 avec les détails pour le secteur agricole et forestier (RIEDACKER et RACAPÉ, 2005 ; réactualisation notamment d'après données du CITEPA, décembre 2005). Noter que le signe + indique des émissions et le signe – des réductions d'émissions.

Types de comptabilité		Bilan 1990
(1) Émissions en France (Hors variations dues aux changements d'utilisations des terres et de la foresterie) (Format CCNUCC) ^(a)		+ 566,2 MteCO₂
Détails pour le secteur agricole		% du secteur agricole
(2) Emissions comptabilisées sous la rubrique « agriculture » (Format CCNUCC)	+ 107,7 Méthane 42% ^(b) Protoxyde d'azote 58% ^(c)	19%
(3) Emissions non comptabilisées dans le secteur agricole + a/ utilisation de combustibles fossiles dans ce secteur (tracteurs etc.) + b/ Emissions provenant de la fabrication des engrais minéraux	+ 18,7 a/ Carburant +10 b/ Engrais + 8,7 ^(d) Total : 107,7+18,7 = +126,4	22%
(4) « Sources » et « Puits » Changements d'utilisation des terres et des forêts (Format CCNUCC)	- 23,5 Changements de stocks dans les biomasses (accroissement du stock en forêt et hors forêts) – 41,7 Déboisements, suppression des prairies + 1,2 ^(e) Emissions nettes du CO ₂ des sols + 3,8 Autres + 3,3 ^(f) Total : 126,4-23,5 = +102,4	18%
(5) Réductions d'émission dues : + a/ aux utilisations des biomasses pour l'énergie + b/ aux augmentations des stocks de carbone dans le bois des constructions	- 24,1 a/ Bioénergies ^(g) – 19,7 b/ Variation du stock de carbone dans les constructions ^(h) – 4.4 Total : 102,4-24,1 = +78,8	14%
(6) Autres émissions indirectes pour l'agriculture ; bâtiments, constructions de matériels etc. mais hors industries agroalimentaires	Total +12 (Estimation)	

a : Format de la Convention Cadre des Nations Unies sur le Changement Climatique Le calcul des émissions autorisées sous le Protocole de Kyoto est basé sur ces émissions c'est-à-dire SANS les émissions ou absorptions recensées en (4). Pour la France, qui doit stabiliser ses émissions, celles-ci ne devront pas dépasser cette valeur, y compris en prenant en compte les crédits ou débits supplémentaires sous les articles 3.3 (à prise en compte obligatoire) et d'options facultatives, des crédits sous l'article 3.4 et de ceux provenant des projets (hors pays ayant des engagements de réduction des émissions sous le Protocole de Kyoto) sous le Mécanisme de Développement Propre

b : Dont 69% des fermentations entériques et 30% de la gestion des déjections animales.

c : Dont 89% proviennent des apports d'amendements organiques et minéraux

d : Dont 1,72 sous forme de CO₂ pour la fabrication en France des engrais azotés (60% des engrais sous forme d'ammoniaque étant importés) + 7 pour les émissions de N₂O résultant de la conversion de l'ammoniaque en nitrates (on suppose que 100% des nitrates sont fabriqués en France ; estimations d'après UNIFA et plan Climat). Si la totalité des émissions résultant de la fabrication des engrais consommés en France était comptabilisée en France, les émissions atteindraient 11,3 MteCO₂. Mais sous le format CCNUCC, on ne comptabilise que les émissions émises dans chaque pays.

e : Dont 96% attribuables aux émissions de CO₂ et le reste à du méthane (CH₄) et de l'oxyde d'azote (N₂O)

f : Dont 86% attribuables aux émissions de N₂O

g : En considérant que les 9 Mtep d'énergie primaire consommées sont converties avec un rendement moyen de 45%, que le fuel économisé est converti avec un rendement de 80% et qu'une tep de pétrole "bord de chaufferie" émet 3,9 t de CO₂ (seulement 3,2 t de CO₂ quand on ne comptabilise pas son transport et son raffinage, cf. RIEDACKER, 2006)

h : Cf. RIEDACKER (1999) notamment d'après les travaux de S. LOCHU

Les émissions comptabilisées sous la rubrique "agriculture" de la CCNUCC sont de 107,7 MteCO₂ (19%, ligne 2 du tableau 1). Ne sont comptabilisées ici que les émissions de protoxyde d'azote et de méthane. Ces chiffres doivent être soulignés, car ils sont spécifiques de l'agriculture et souvent oubliés quand on parle de "bilan carbone". Les comptabilités sous la convention ne sont d'ailleurs jamais communiquées en équivalent carbone, mais en tonnes de différents gaz à effet de serre et en équivalent gaz carbonique ; une tonne de protoxyde d'azote a sur le réchauffement un effet près de 300 fois supérieur à celui d'une tonne de gaz carbonique, tandis que le méthane, dont la durée de vie dans l'atmosphère est plus courte, a, sur 100 ans, un pouvoir de réchauffement une vingtaine de fois supérieur à celui du gaz carbonique.

On peut ajouter **les émissions liées à l'utilisation des carburants** recensées dans le secteur des transports ; 10 MteCO₂ (ligne 3), ainsi que les émissions liées à la fabrication des engrais en France qui représentent 8,7 MteCO₂, recensées, elles, dans le secteur de l'industrie. Les émissions "brutes" liées à l'activité agricole représentent alors environ 22% des émissions totales.

Les émissions résultant des variations de stocks de carbone (essentiellement de l'absorption ou des émissions de gaz carbonique) dans les sols et dans les biomasses des forêts, des prairies et des terres cultivées sont, dans les inventaires de la CCNUCC, comptabilisées à part (ligne 4).

Ces variations dépendent bien sûr de la place laissée par l'agriculture aux forêts. Depuis 1850, la surface de la forêt française est passée de 7,5 millions d'hectares à 15 millions d'hectares. Une agriculture moins productive par unité de surface aurait conduit à une production agricole totale moindre. Ainsi, une production totale de grains identique à celle d'aujourd'hui nécessiterait, avec les rendements du début du siècle, le défrichement de la France entière (RIEDACKER, 2002).

Les stocks de carbone dans les sols augmentent, mais en général plus lentement que dans les phytomasses quand on passe de terres cultivées à des forêts ou à des prairies. Inversement, les mises en culture diminuent les stocks de carbone dans les sols. Il faut enfin noter que les stocks de carbone dans les sols diminuent quand le climat se réchauffe.

Les stocks de carbone augmentent actuellement de 23,5 MteCO₂ par an. Pour faire court on appelle cela, dans le langage courant, les "puits", mais c'est le résultat des différences entre "sources" et "puits". Ce bilan résulte des émissions et absorptions de gaz carbonique - de l'accroissement des stocks de carbone dans les biomasses des forêts (- 41,7 MteCO₂/an), du déboisement et de la suppression des prairies (+ 11,2 MteCO₂/an) et des pertes de matières organiques dans les sols (+ 3,8 MteCO₂/an) - et d'émissions d'autres gaz à effet de serre (+ 3,3 MteCO₂/an).

L'utilisation des phytomasses, produites et récoltées dans les espaces ruraux, peut aussi aider à limiter l'augmentation des émissions de gaz à effet de serre d'origine fossile. Les utilisations accrues de bois renouvelé pour le chauffage, en remplacement du fuel ou du charbon, ou dans les constructions (avec du bois à la place du béton ou de l'aluminium), se traduisent par des réductions d'émissions reflétées dans les bilans nationaux. Mais celles-ci apparaissent actuellement dans l'habitat quand il s'agit du chauffage domestique, et non dans les forêts (ligne 5). Celles dues à l'utilisation de biocarburants apparaissent *via* des réductions d'émissions dans le secteur des transports. Et celles dues aux économies d'énergie fossile, par exemple dans les mises en œuvre des matériaux, se manifestent dans l'industrie. On compte, en 1990, une réduction d'émissions de 19,7 MteCO₂/an par économie d'énergies fossiles pour le chauffage due essentiellement à l'utilisation du bois énergie. Elle pourrait être augmentée avec l'amélioration des rendements de conversion des combustibles et par des utilisations plus importantes de bois. L'augmentation du stock de carbone dans le bois des constructions était en 1990 de 4,4 MteCO₂, mais la comptabilisation de la variation de ces stocks n'est actuellement pas obligatoire.

Les émissions indirectes de GES pour l'agriculture concernant la construction des matériels ou bâtiments agricoles sont peu précises ; elles représenteraient de l'ordre de 12 MteCO₂ (ligne 6).

Les bilans se modifient donc, comme on peut le constater sur le tableau 1, selon le périmètre pris en compte dans les inventaires : une partie seulement de l'espace rural, par exemple seulement l'agriculture, tout l'espace rural (avec les forêts), les consommations d'énergies fossiles, les variations des stocks de carbone dans les biomasses et dans les sols et dans les constructions etc. Les émissions de gaz à effet de serre peuvent donc augmenter dans l'agriculture, par exemple quand on produit davantage de phytomasse par hectare en utilisant des engrais (qui

gènèrent du protoxyde d'azote), tout en réduisant globalement les émissions, quand on replace les actions de manière plus intégrée !

Par construction, les inventaires sectoriels de la CCNUCC ne recensent pas les émissions concernant l'agriculture ayant lieu hors de l'espace rural, donc pas les émissions dues à la fabrication des engrais. Si ces derniers sont fabriqués à l'étranger, les émissions ne sont pas du tout comptabilisées dans le pays qui les importe ! Il en est de même pour les émissions provenant des transports internationaux³. Ainsi, un pays important la majorité de ses produits alimentaires ou de ses engrais émettra, d'après cette comptabilité nationale, moins de gaz à effet de serre qu'un pays produisant la totalité de la nourriture et des engrais qu'il consomme ! Il faudra donc à long terme remplacer les approches non seulement dans l'ensemble de chaque comptabilité nationale, mais aussi au niveau mondial en tenant compte des importations et des exportations de produits.

2. Les actions à court terme pour l'agriculture ?

Les actions envisageables à court terme concernent d'une part l'évolution des pratiques agricoles et, d'autre part, la valorisation non alimentaire de la biomasse. Nous nous limitons à présenter les principales actions envisageables ne conduisant pas à la réduction des productions agricoles. La plupart des leviers mentionnés ci-dessous font d'ailleurs partie des actions retenues dans le plan Climat 2004 (MIES, 2004) ou proposées dans le groupe de préparation présidé par Hervé BICHAT du CGGREF (BICHAT, 2003).

2.1. Evolution des pratiques agricoles envisageables à court terme

– La fertilisation azotée

Face aux enjeux énergétiques et de l'effet de serre, la maîtrise de l'utilisation des apports d'engrais minéraux azotés est un élément clé. Plus de la moitié des émissions de l'« agriculture » au sens de la CCNUCC, exprimées en équivalent CO₂, sont attribuables au protoxyde d'azote. En effet, les apports d'engrais minéraux permettent d'améliorer la production de phytomasse. Mais, d'autre part, leur fabrication est consommatrice d'énergie et génératrice de protoxyde d'azote dont on a souligné l'importance plus haut. Il faut donc procéder à des évaluations intégrées (RIEDACKER et RACAPÉ, 2005).

Sur la campagne 2003-2004, l'agriculture française a consommé 2,3 millions de tonnes d'azote (Agreste, 2005). Le CORPEN a estimé les excédents azotés sur l'année 2001 à environ 721 000 t d'azote au niveau national (Agreste, 2005). On peut considérer en première approximation que chaque tonne d'azote utilisée est responsable en moyenne de l'émission de 14 teCO₂ et de la consommation d'environ 1,5 tep. Une économie de 10% des excédents⁴ se traduirait par un gain de 1,1 MteCO₂ et une économie énergétique d'environ 0,1 Mtep. Même s'il est impossible d'apporter les engrais azotés sans fuites, cet excédent peut être réduit par un meilleur pilotage des apports d'azote à l'échelle de la parcelle. Les consommations d'engrais minéraux pourraient aussi être réduites par un recours accru aux engrais organiques riches en matières azotées (par exemple du digestat issu de la méthanisation). On gagne alors sur le plan énergétique au niveau de la production. Les émissions de protoxyde d'azote ne disparaissent cependant pas pour autant car tout apport d'azote, même organique, entraîne des émissions de GES.

Les consommations d'engrais azotés peuvent également être réduites en insérant des légumineuses dans les assolements ou dans les prairies. Grâce à la fixation symbiotique de l'azote, ces plantes ne nécessitent pas d'apports d'azote minéral. Cela réduit alors les émissions de GES liées à la production des engrais azotés et à celles résultant de la volatilisation des engrais au moment de l'épandage, mais pas les émissions au champ. Ces questions sont encore à préciser.

Il est probable que les facteurs d'émissions (quantités de protoxyde d'azote émises par unité d'azote apporté) varient avec les sols, les cultures et la teneur en eau. Quand l'oxygène manque, les

3 : Les carburants des soutes ne sont pas pris en compte dans les comptabilités sous le Protocole de Kyoto

4 : Hypothèse du groupe agriculture de préparation du plan Climat

émissions de protoxyde augmentent exponentiellement. **Compte tenu du pouvoir élevé de réchauffement du protoxyde d'azote, ce point est de la plus haute importance. Beaucoup de progrès réalisés par ailleurs pourraient tout simplement être annulés par une mauvaise maîtrise des épandages.**

Rappelons que la surface de légumineuses a diminué de 3,3 M ha depuis 40 ans. Des groupes d'agriculteurs développent les associations fourragères avec du trèfle blanc dans les prairies pour réduire l'utilisation d'engrais azotés et enrichir la teneur en protéines du fourrage. Le développement de 1,1 M ha de prairies comportant du trèfle permettrait de réduire les émissions de GES de 1,2 MteCO₂ et la consommation d'énergie de 0,15 Mtep (Solagro, 2004).

– La consommation énergétique directe

Les tracteurs utilisent 46% des produits pétroliers dispersés dans les exploitations agricoles (SCEES, 1992). Aussi, les organismes agricoles réalisent, depuis une dizaine d'années, **des diagnostics volontaires de la consommation des tracteurs** afin de détecter les marges de progrès. L'analyse des résultats (AILE et réseau des CUMA) montre que 50% des tracteurs ont des problèmes de surconsommation et donne un gain potentiel moyen de 1,5 l de fuel par heure d'utilisation. Pour un tracteur effectuant 600 heures/an, ces contrôles permettent une réduction d'environ 2,5 tonnes de CO₂ émis par an. On compte actuellement 3 000 diagnostics par an. Le plan Climat vise à les multiplier par dix.

Il existe également des marges de réduction de la consommation de fuel par simplification des itinéraires techniques, grâce notamment, à la suppression du labour. On peut, *a priori*, estimer une économie possible de fuel de l'ordre de 30%. Pour des raisons de gain de temps, de travail et d'économie financière, cette technique tend à se développer sous différentes modalités. On comptait, en 2001, 1,5 M ha sur environ 18 M ha de cultures. En supposant un doublement de la surface en non labour, soit 20% de la surface en culture, le secteur agricole économiserait environ 45 Ml de fuel. Encore faut-il que cette évolution des techniques culturales n'augmente pas, par ailleurs, les émissions de protoxyde d'azote. Une étude, actuellement en cours, permettra prochainement de disposer d'une analyse plus globale de l'intérêt environnemental de ces techniques sur l'énergie, le stockage du carbone et les émissions de gaz à effet de serre.

Les autres principaux postes sur lesquels il existe des gisements d'économie d'énergies fossiles concernent essentiellement les serres, les séchoirs de fourrage, les bâtiments d'élevage chauffés et les laiteries pour l'électricité. On peut remplacer certaines énergies utilisées par de la biomasse (chauffage des serres) ou des énergies non émettrices de gaz à effet de serre (séchoirs solaires pour le fourrage). L'ADEME a lancé en 2006 deux études pour préciser ces gisements potentiels d'économie d'énergie sur les serres et bâtiments d'élevage.

Ces différents leviers évoqués donnent un potentiel global d'économie d'énergies fossiles estimé à 5 à 10%.

– La méthanisation des effluents d'élevage

La méthanisation des déjections animales et autres biomasses agricoles permet de réduire les émissions de gaz à effet de serre (méthane) lors du stockage des déjections animales tout en produisant de l'énergie. Environ 40% de la fraction carbonée dégradée en CH₄ peut être captée et valorisée en énergie. Ce mode de traitement des déchets présente également l'avantage de réduire les nuisances liées à l'épandage des déjections animales (le digestat est partiellement désodorisé et hygiénisé). Il conserve également l'azote des matières organiques ce qui permet par ailleurs de réduire les apports d'engrais azotés minéraux.

Cette technique est utilisée depuis plus de 15 ans au Danemark dans des unités communes à plusieurs exploitations. En Allemagne, la méthanisation agricole connaît depuis 5 ans un véritable essor (1 900 installations), notamment à la ferme grâce à des prix d'achat élevés de l'électricité. Le tarif d'achat de l'électricité issue de méthanisation publié en France par arrêté du 16/04/2001 est de 4,6 ct €/KWh, auquel il faut rajouter une prime à l'efficacité énergétique de 1,2 ct€/KWh. Le ministère de l'Ecologie et du Développement durable a annoncé le 21 septembre 2005 une augmentation de 50% du tarif de rachat de l'électricité produite par le biogaz. Soulignons que le pouvoir méthanogène

des lisiers et fumiers de bovin n'est pas très élevé et que le rendement de production de biogaz est amélioré en utilisant des mélanges de déchets. Actuellement, seules 3 installations agricoles fonctionnent en France, mais plusieurs projets sont aujourd'hui à l'étude. La mobilisation de 10% des effluents d'élevage, soit 15 Mt matière brute/an, permettrait la production de 2 673 GWh d'énergie et une réduction des émissions de GES de 1,7 MteCO₂.

– Conversion des terres cultivées en prairies

Le stock de carbone dans les sols agricoles et forestiers français est estimé à 3,1 milliards de tonnes (moyenne de 62 t/ha ; ARROUAYS *et al.*, 2002).

L'augmentation annuelle du stock de carbone de terres cultivées converties en prairies est estimée en moyenne de l'ordre de 0,5 t C/ha/an pendant les vingt premières années soit une réduction d'émissions de .36,6 teCO₂. Puis la vitesse d'augmentation des stocks se ralentit. Le déstockage annuel de carbone par hectare des prairies mises en culture est en revanche environ deux fois plus élevé. Ce qui doit inciter à préserver les prairies et à convertir de nouvelles terres cultivées en prairies. Un élevage basé sur une alimentation à base de maïs qui repasse à un système à base de prairies va ainsi augmenter progressivement les stocks de carbone des sols.

ARROUAYS *et al.* (2002) ont estimé qu'une conversion supplémentaire de 10 000 à 80 000 ha par an de cultures en prairies pourrait entraîner à terme (en ne tenant pas compte des diminutions de stocks que pourrait entraîner un réchauffement climatique) un stockage additionnel annuel se situant entre 0,2 MteCO₂ et 1,6 MteCO₂ par an (tableau 2). Ce travail a aussi permis d'identifier d'autres techniques permettant d'accroître les stocks de carbone dans les sols. Mais il souligne aussi les très grandes incertitudes et les difficultés de mesures, donc de vérification, des variations de stocks de carbone dans les sols.

L'afforestation des terres agricoles et la plantation de haies permettent également d'accroître, on l'a déjà signalé, les stocks de carbone dans les phytomasses. Les augmentations dans les boisements sont en général au moins deux fois plus élevées que celles dans les matières organiques des sols. Elles sont de plus beaucoup plus facilement mesurables et peuvent se poursuivre beaucoup plus longtemps, à un niveau élevé, que dans les sols. Enfin, ces stocks de carbone ne diminuent pas avec un réchauffement modéré (sauf si les précipitations diminuaient) alors que le simple réchauffement du climat diminue les quantités de carbone dans les matières organiques des sols.

TABLEAU 2 – Ordre de grandeur de quelques évolutions envisageables à court terme pour l'économie d'énergie et la réduction des GES.

Hypothèses de calcul	Economie d'énergie	Réductions supposées des émissions de GES
Réduction des excédents azotés de 10%	0,1 Mtep	1,1 MteCO ₂
Introduction du trèfle sur 1 Mha de prairies	0,15 Mtep	1,2 MteCO ₂
Réduction de 5% à 10% de la consommation d'énergie directe	0,1 à 0.2 Mtep	0,4 à 0.8 MteCO ₂
Traitement de 10% des effluents d'élevage par méthanisation	0,23 Mtep	1,7 MteCO ₂
Augmentation des stocks de carbone dans les sols par conversion (10 000 à 80 000 ha/an) de terres cultivées en prairies		0,2 à 1,6 MteCO ₂

Rappelons que les hypothèses présentées ci-dessus ne sont pas exhaustives. Elles donnent des ordres de grandeur et de comparaison des évolutions envisageables à court terme. S'ajoutent à ces potentiels les gains possibles, et non mentionnés, pouvant résulter des augmentations de stocks de carbone dans les phytomasses sur pied, qui peuvent se poursuivre beaucoup plus longtemps, par boisement de terres cultivées⁵ ou implantation de prairies, ainsi que la valorisation non alimentaire des phytomasses.

⁵ : La question des boisements de terres agricoles a été différée à 2006 à la suite des tempêtes de fin 1999. La priorité était alors de reconstituer les forêts endommagées (PNLCC, 2000)

2.2. Valorisations non alimentaires de la biomasse

Le végétal représente une ressource d'avenir capable d'apporter une réponse partielle à la raréfaction des ressources fossiles et au changement climatique. En effet, les forêts et les cultures agricoles sont productrices de matière organique de manière permanente grâce à la transformation continue de l'énergie solaire par la photosynthèse. Ainsi, si ces espaces sont gérés durablement – schématiquement, si l'on replante les arbres au fur et à mesure qu'on les exploite et si l'on s'assure de conserver la fertilité des sols ou encore si on l'améliore –, ils peuvent fournir des matières premières qui se renouvellent à l'infini.

Par ailleurs, l'usage de la biomasse, toujours dans l'hypothèse d'une gestion durable, ne contribue pas à l'augmentation de l'effet de serre. Lorsque la biomasse est brûlée et utilisée comme source d'énergie, le CO₂ libéré dans l'atmosphère lors de la combustion est réabsorbé par la biomasse qui la remplace. Le bilan est ainsi neutre. Il est encore meilleur si l'on augmente les surfaces ; le stock de biomasse sur pied peut ainsi s'accroître, en capturant du CO₂ atmosphérique. A long terme, cela permettra aussi d'avoir des ressources plus importantes.

Ce double avantage environnemental du végétal (économie des ressources fossiles et réduction des émissions de GES) justifie son développement sous de multiples formes :

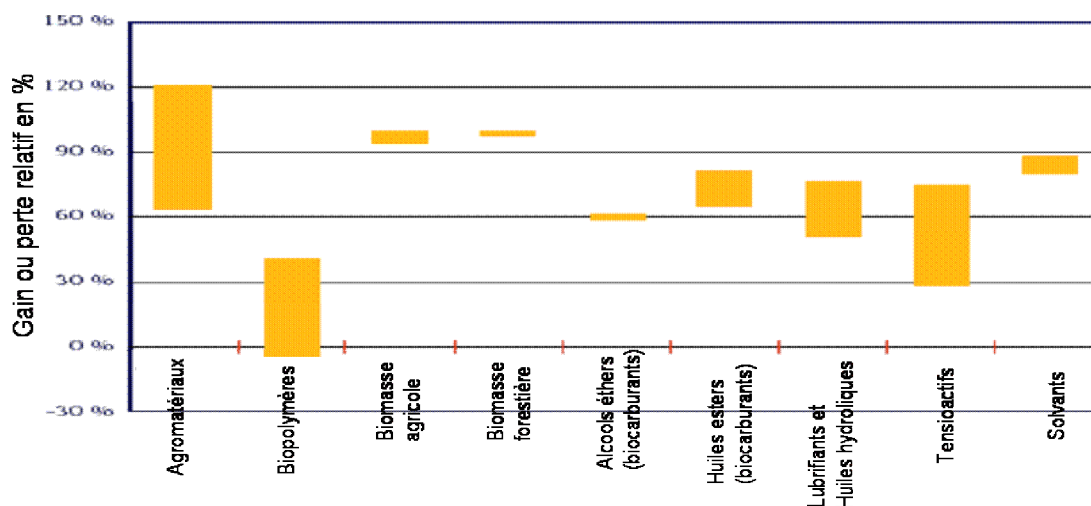
- **biocombustibles** : de la bûche au granulé de bois, en passant par les résidus de cultures agricoles (paille) et les céréales, le végétal est un combustible utilisable chez les particuliers (insert, poêle, chaudière), dans le secteur de l'habitat collectif, du tertiaire ou dans le secteur industriel (chaudière de 100 kW à plusieurs MW), pour la production de chaleur, combinée éventuellement à une production d'électricité ;

- **biocarburants** : issus des cultures oléagineuses, sucrières ou céréalières, l'huile et l'éthanol d'origine végétale offrent **dès maintenant** des solutions alternatives au gazole et à l'essence. Ces carburants seront ou non transformés selon leur application (huile brute ou EMHV, éthanol ou ETBE...) ;

- **bioproduits** : bois matériaux, agrosolvants, bioplastiques, biolubrifiants, tensioactifs et colorants végétaux... Les possibilités de remplacer les matériaux comme l'acier, le béton ou les produits d'origine pétrochimique par les phytomasses sont nombreuses.

Le bénéfice apporté par ces produits est quantifiable, comme le montre un nombre croissant d'études sur le sujet. Une revue bibliographique, menée par l'ADEME et réalisée par BG Ingénieurs Conseils et l'Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne, a justement permis de recenser les études de type ACV (Analyse de Cycle de Vie) des différentes filières non alimentaires. Les graphiques suivants (figure 2) présentent la plage des gains apportés par le végétal, selon les différentes études, sur son concurrent fossile pour l'énergie. On s'aperçoit ainsi que dans la quasi-totalité des cas, les filières végétales sont moins consommatrices d'énergie. Les analyses sur les gaz à effet de serre donnent des gains également positifs pour les filières végétales (ADEME-BG, 2005).

FIGURE 2 – Gains énergétiques relatifs résultant de substitution de produits fossiles par des biomasses (d'après ADEME-BG, 2005).



- De nouveaux débouchés pour l'agriculture dans le bâtiment, l'industrie et les transports

Aujourd'hui, la valorisation non alimentaire de la biomasse concerne essentiellement la forêt. Chaque année en effet, on prélève de la forêt et des espaces boisés environ 10 millions de m³ (Mm³) de bois pour des usages matériaux (charpente, ameublement...), 20 à 25 Mm³ pour la fabrication de papier, carton, panneaux et 30 à 35 Mm³ de bois de chauffage. A ces stères valorisés par les ménages (7 à 8 Mtep) viennent s'ajouter la valorisation comme combustibles des co-produits de l'industrie du bois (écorces, sciures), de produits bois en fin de vie (cagettes, palettes), de certains résidus agricoles utilisés en chaudières industrielles ou collectives : les biocombustibles, essentiellement du bois représentent ainsi globalement environ 9 Mtep.

En 2004, la production agricole de biocarburants n'a atteint que 0,4 Mtep, pour une surface de cultures atteignant 350 000 ha (colza, betterave et blé essentiellement).

Ainsi, si les bioénergies représentent entre 9 et 10 Mtep, soit 4% de la consommation nationale d'énergie primaire, le bois de chauffage reste actuellement majoritaire et représente donc plus que la consommation d'énergie fossile par l'agriculture.

Ce paysage devrait évoluer puisque l'on attend beaucoup d'un développement des bioénergies agricoles ou issues de nouvelles plantations ligno-cellulosiques dans les années à venir. Ainsi, sous l'impulsion de directives et de politiques européennes, la France s'est dernièrement dotée d'objectifs ambitieux en la matière :

- La Loi de programmation et d'orientation de la politique énergétique du 13 juillet 2005 (dite Loi POPE) entend augmenter l'usage de la chaleur renouvelable, dont les bioénergies, de + 50% d'ici 2010.

- La Programmation Pluriannuelle des Investissements (PPI) de production d'électricité prévoit de faire évoluer la part de notre consommation d'électricité d'origine renouvelable de 15% à 21% en 2010. Cet objectif devrait être atteint grâce au développement de l'éolien et de la bioélectricité.

- La Loi d'Orientation Agricole prévoit l'incorporation de 7% de biocarburants en 2010 et 10% en 2015, l'autorisation d'utiliser l'huile végétale pure pour les engins agricole, l'obligation d'utilisation en 2008 de lubrifiant biodégradable dans les zones naturelles sensibles.

Les bioénergies devraient donc connaître un fort développement dans les toutes prochaines années (tableau 3). Les surfaces agricoles dédiées à la production de biocarburants devraient ainsi dépasser 2 Mha en 2010, soit plus que les surfaces en jachères (environ 1,2 Mha).

Les biocombustibles d'origine forestière devraient rester majoritaires : on attend en effet beaucoup de la valorisation des rémanents forestiers, des haies, des bois d'éclaircies et plus généralement des bois non utilisables actuellement par l'industrie, pour fournir de la chaleur et de l'électricité.

Les cultures énergétiques dédiées à la production de combustibles adaptés aux chaudières (taillis à courte rotation de saule, peuplier, eucalyptus, cultures de miscanthus, triticales et autres céréales) devraient également commencer à se développer. Dans les régions de bocage, l'entretien des haies peut aussi fournir des biomasses pour la production d'énergie. Des entreprises spécialisées peuvent récolter ces bois et les fournir à des chaufferies. La reconstitution ou l'installation des haies, parmi d'autres avantages, augmente aussi les stocks de carbone.

TABLEAU 3 – Perspectives de développement des bioénergies en France (source : ADEME).

	2005	2010
Biocombustibles solides (chaleur et électricité)	10 Mtep	13 à 14 Mtep
Biocarburants ; productions (surfaces dédiées)	0,4 Mtep (0,35 Mha)	2,9 Mtep (2 Mha)

Si l'énergie offre, pour l'agriculture, les perspectives les plus importantes en termes de volume, il n'en reste pas moins que le marché des bioproduits devrait lui aussi se développer, avec parfois des

débouchés à plus forte valeur ajoutée. Ainsi, la chimie verte devrait fournir progressivement des substituts à la pétrochimie, pour une consommation actuelle de pétrole estimée à terme à 8 Mtep par an, notamment sur le marché des solvants et des plastiques. En 2010, 0,4 Mha devraient ainsi être dédiés à ces filières (amidon, cellulose...).

– Vers de véritables filières durables du végétal non alimentaire

Sous l'impulsion de mécanismes publics de soutien (réglementations, exonérations fiscales, subventions) ou par le simple renchérissement des matières pétrolières, des marchés nouveaux devraient s'ouvrir sur le territoire national pour des biomasses végétales. Cependant, pour construire de véritables filières pérennes et durables, divers obstacles restent à lever :

- **Le contrôle et la limitation des impacts environnementaux et sanitaires** : si la biomasse révèle certains avantages au plan environnemental (elle est renouvelable et neutre pour l'effet de serre), il n'en reste pas moins que son usage engendre aussi certains impacts négatifs, tout comme les cultures alimentaires.

- Les pratiques culturales doivent être optimisées (usage raisonné des intrants) pour améliorer encore leur bilan par rapport aux énergies fossiles.

- La combustion de matière végétale produit certains polluants (poussières, composés organiques volatiles...) qui peuvent être nuisibles si les matériels de combustion sont inadaptés ou mal employés.

- **La garantie et la qualité de l'approvisionnement** : un industriel ou une collectivité s'équipant d'une chaudière à biocombustibles doit pouvoir bénéficier de la même qualité de service que s'il choisit du gaz ou du fuel. La stabilité de la qualité du produit (humidité, contenu énergétique...), son prix et la garantie d'un approvisionnement à long terme sont des conditions nécessaires pour substituer réellement les filières fossiles. C'est ainsi toute une organisation logistique (collecte, stockage, distribution) et une logique contractuelle entre les producteurs et les utilisateurs finaux qui doivent être développées.

3. Les actions à long terme

Comme nous l'avons vu, plusieurs aspects distinguent les activités agricoles et forestières des autres secteurs. Certes, comme tous les autres secteurs, l'agriculture génère des GES et consomme de l'énergie. Cependant, la photosynthèse conduit à la conversion de l'énergie solaire en énergie biochimique stockée et utilisable par la suite en substitution des énergies d'origine fossile. La mise en œuvre d'approches intégrées à l'échelle des territoires est nécessaire pour la construction de stratégies à long terme.

Pour déterminer les contributions résultant des ensembles « gestions des territoires et utilisations des phytomasses », il faut prendre en compte les émissions et les réductions d'émissions provenant de trois niveaux (figure 3) :

- I : **Un niveau territorial comprenant :**

- la : **L'utilisation des terres (UT)** : par exemple des labours plus ou moins fréquents, des fertilisations, des installations de plantes de couverture, des changements d'espèces ligneuses ou des plantes des prairies et des cultures, des sur ou sous-exploitations des forêts, des installations d'espèces ligneuses agroforestières etc.

- lb : **Les changements d'utilisation des terres (CUT)** : par exemple des déboisements, des reboisements anthropiques ou spontanés, de la suppression de prairies, de la remise en prairies de terres cultivées etc.

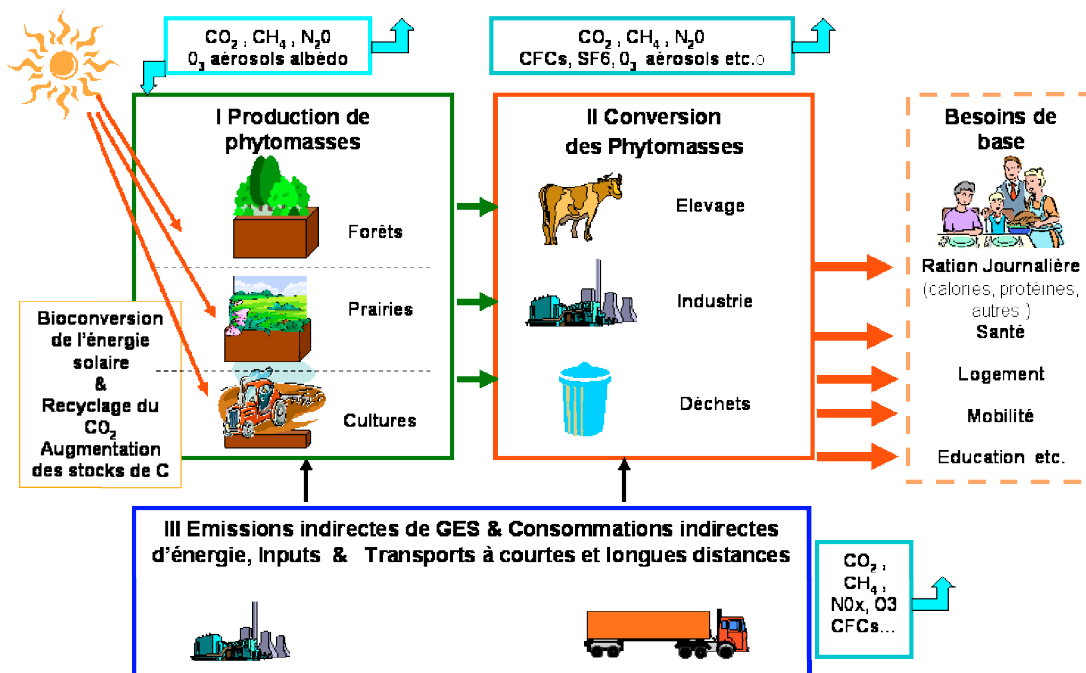
- II : **Les conversions des phytomasses récoltées :**

- IIa : en aliments ;

- IIb : en bioproduits susceptibles de remplacer ou d'économiser des produits fossiles ;

- I1c : en bioénergies en chaleur, électricité ou biocarburants (cf. par exemple RIEDACKER, 2006, et ADEME *et al.*, 2002) ;
- I1d : les émissions provenant des fins de vie des produits : par exemple les fuites de CO₂ après épuration du gaz naturel, l'élimination du CO₂ par stockage géologique, les fuites de méthane des décharges, etc. ;
- III : **Les émissions en amont et en aval des activités agricoles et forestières** et des conversions des biomasses, c'est-à-dire :
 - IIIa : les émissions résultant de la production des intrants : par exemple des amendements, de la conservation des aliments (fuites de CFC et HFC), de la fabrication des machines pour l'agriculture et les industries agroalimentaires, les transports, les pesticides, etc. ;
 - IIIb : les émissions résultant des transports (des intrants, des amendements divers et des produits de l'agriculture et des forêts, jusqu'au consommateur final).

FIGURE 3 – Les trois niveaux à prendre en compte dans les approches intégrées.



Cette approche souligne la nécessité de prendre en compte simultanément tout l'espace (en particulier les espaces agricoles et forestiers), un horizon temporel d'au moins 50 ans, toutes les conversions et utilisations des phytomasses et des biomasses, les émissions en amont et en aval de la production agricole et forestière et, enfin, les émissions de GES évitées par les divers usages des phytomasses récoltées. L'utilisation de ce type d'approche intégrée supposera la mise au point de modèles prenant en compte l'ensemble des systèmes de production, des transports et de la transformation des phytomasses. Ce travail va être développé avec l'INRA (cf. notamment RIEDACKER *et al.*, 2006, en préparation).

Conclusion

Le changement climatique et le problème des ressources pétrolières posent avec force la question du développement durable appliqué à l'agriculture, sachant que les besoins alimentaires mondiaux augmentent (la population mondiale croît de 1,3% par an), qu'il existe de nouveaux besoins en biomasses pour l'énergie, que la surface agricole utilisable ne cesse de diminuer et qu'il faut veiller à la préservation des écosystèmes agricoles et à la qualité physique, chimique et biologique des sols, supports indispensables et non renouvelables de la production des phytomasses.

Si l'agriculture, par sa fonction de capture de l'énergie solaire et sa fonction « puit », (c'est-à-dire sa capacité à capter le gaz carbonique de l'air puis à le transformer en produits substituables aux produits fossiles), ne constitue pas une activité humaine seulement génératrice d'émissions nocives, il ne faudrait pas en conclure pour cela qu'elle peut être dispensée de se joindre à l'action commune nécessaire et urgente de réduction des émissions excessives. En effet, la division par 4 de nos émissions d'ici 2050, objectif retenu par le gouvernement, requiert que toutes les actions possibles recensées, au sein des diverses branches économiques, soient mobilisées à cette fin.

Nous ne sommes qu'au début du défi climatique et du problème énergétique, mais ils orienteront désormais fortement l'agriculture. L'action de la photosynthèse dans la lutte contre le changement climatique et la production d'énergie renouvelable donnent à l'agriculture une place particulière nécessitant une mise en œuvre d'approches spécifiques. Il s'agira notamment de rechercher de nouveaux équilibres entre la production maximale de phytomasses par unité de surface, le minimum d'émission de GES par unité produite et la meilleure efficacité énergétique, tout en ne perdant pas de vue que la mission première de l'agriculture reste et restera l'alimentation pour l'ensemble des populations mondiales.

Références bibliographiques

- ADEME – Ecobilan - DIREM (2002) Bilan énergétiques et gaz à effet de serre des filières de productions de biocarburant Rapport technique 132 pages
- ADEME-BG Ingénieurs Conseils et l'Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne (2005) Bilan environnemental des filières végétales pour la chimie, les matériaux et l'énergie. www.ademe.fr
- AGRESTE (2005) L'agriculture, la forêt et les industries agroalimentaires (167 pages)
- ARROUAYS D., J. BALESSENT, J.C. GERMON, P.A. JAYET, J.F. SOUSSANA, P. STENGEL. (2002). Stocker du carbone dans les sols agricoles de France Expertise collective. Synthèse du rapport d'expertise réalisé par l'INRA. Octobre 2002 Résumé 31 pages INRA Paris (Rapport de base. 332 pages)
- BICHAT H (2003) Rapport du groupe « Agriculture, forêt et produits dérivés » MIES 51 Pages.
- CITEPA (2005). Emissions de l'air en France métropole. Substances impliquées dans l'effet de serre 24 pages. www.citepa.org
- DGEMP (2005) : « L'énergie en France, repères» .
- ENESAD-ADEME (2002) Analyse énergétique d'exploitations agricoles et pouvoir de réchauffement global, Méthode et résultats sur 140 fermes françaises (rapport 121 pages)
- GIEC / IPCC (2000) - Land use, land use change and forestry. Edited by R.T Watson, I. R. Noble, B. Bolin N.H. Ravindranath, D.J Verardo, D.J.Dokken. A special report.of IPCC 377 pages Cambridge University Press
- GIEC / IPCC (2004) National Greenhouse Gas Inventories Programme November 2004 Revised 1996 IPCC Guidelines – Good Practice Guidance 2000 –www.ipcc.ch
- MIES (2004) Plan Climat 88 pages <http://www.effet-de-serre.gouv.fr>
- PNLCC (2000) Programme National de Lutte contre le Changement Climatique 2000-2010- 215 pages. Premier Ministre. Mission Interministérielle de l'Effet de Serre <http://www.effet-de-serre.gouv.fr>
- RICA (2004). Résultats pour 2004. Commission des comptes de l'agriculture de la nation. Session du 15/12/2005. Agreste
- RIEDACKER A. (1999) Les stocks et les flux de gaz à effet de serre dans le domaine de l'agriculture des forêts et des produits dérivés, en France et dans quelques autres pays industrialisés. Colloque Agrigres CR Acad. Agric. Fr. 1999, n°6 pp33-60 Séance du 18 Mai 1999
- RIEDACKER A. (2002) Energie et puits de carbone Revue IEPF Liaison Energie Francophone N°54 33-40
- RIEDACKER A (2003) Effet de serre et politique de lutte contre le changement. Revue “Monde en développement” vol. 31 -2003 n°121 47-70-
- RIEDACKER A. (2006) Chapitre 1. Les biomasses dans le contexte du changement climatique et du développement durable (42 pages) dans Guide Biomasse Energie Edité par Abdallah et Schenckel avec la collaboration de Riedacker et Girard Edition de l'IEPF N°4 250 pages
- RIEDACKER A., RACAPÉ J. (2005) Elaborer des approches intégrées, pour réduire les émissions de gaz à effet de serre de l'agriculture, des forêts et de leurs produits jusqu'en fin de vie. Communication au 10^{ème} Colloque international annuel du Secrétariat francophone à l'évaluation environnementale Colloque (SIFEE) Angers France 20 au 24 Juin 2005 « Evaluation environnementale et développement d'une agriculture durable » 17 pp
- RIEDACKER A., J. RACAPÉ, V. DAMERON (2006) Des évaluations intégrées pour le développement durable ; optimiser les productions des services de l'agriculture et des forêts tout en réduisant les émissions de gaz à effet de serre et les consommations d'énergies fossiles ; en préparation.
- SCEES (1994) Les consommations d'énergie en 1992 dans les exploitations agricoles, les CUMA et les ETA. Publication AGRESTE (58 pages)
- SOLAGRO (2004) : *Lutter contre le changement climatique en agriculture*, 7 p, Les nouvelles de SOLAGRO N°32