

4. Contribution de la dendroénergie à la demande future d'énergie

L'avenir du développement des bioénergies et de la dendroénergie dépend largement de l'efficacité des politiques et de la cohérence avec laquelle elles seront appliquées. Des réserves abondantes de charbon sont encore disponibles dans certaines parties du monde où l'on prévoit que la croissance économique et démographique sera la plus forte. Si les prix des combustibles fossiles cessaient d'augmenter pour encourager le développement des biocombustibles, la demande ne s'accroîtrait que dans le cas où la politique est appliquée efficacement. Dans de nombreuses situations, un soutien politique sera donc nécessaire pour encourager les investissements dans le développement des bioénergies – au moins jusqu'à ce que les prix se rapprochent de ceux des combustibles fossiles. Les marchés de l'exportation pourraient se développer dans les cas où les politiques intérieures ne parviennent pas à décourager le recours aux combustibles fossiles.

Partout dans le monde existent des systèmes très différents de production et d'utilisation de la dendroénergie et, très probablement, les changements survenus récemment dans la politique énergétique de différents pays susciteront une série de réactions. Dans les pays développés et en développement, divers facteurs auront une incidence sur l'offre et la demande de biomasse traditionnelle, de biocombustibles cellulosiques liquides, de résidus de l'industrie forestière et d'autres formes de dendroénergie.

Les facteurs liés au changement climatique, à l'efficacité énergétique et à l'emplacement des disponibilités joueront un rôle central dans la production de dendroénergie. En outre, une panoplie de questions écologiques, économiques et sociales entreront en jeu. Dans certains endroits et certains types de terres, les arbres seront parfois plus productifs que les cultures agricoles sans avoir autant d'effets nocifs sur l'environnement. La faible disponibilité de main-d'œuvre pourrait favoriser plus les forêts que les cultures agricoles. D'autres facteurs sont susceptibles de réduire la pression sur les forêts pour la production d'énergie, tels que les difficultés technologiques de la production de biocombustibles cellulosiques liquides et les problèmes de transport. D'une manière générale, la contribution de la foresterie à la production future d'énergie sera influencée par:

- la compétitivité de la dendroénergie dans la réalisation des objectifs des politiques énergétiques récentes;
- les coûts et avantages des systèmes à base de dendroénergie sur le plan social, économique et environnemental;

- les politiques et les institutions qui établissent le cadre au sein duquel opère la foresterie.

Toute stratégie bioénergétique sera aussi fortement influencée par le contexte local: emplacement par rapport à l'offre et la demande, infrastructure, climat et sols, disponibilité de terres et de main-d'œuvre, et structure sociale et de la gouvernance. Ces nombreux facteurs font qu'il est difficile de faire des comparaisons générales entre la bioénergie provenant de l'agriculture et celle issue des forêts (Perley, 2008).

L'élaboration de technologies économiquement compétitives pour la production de biocombustibles cellulosiques liquides aura une influence marquée sur l'importance de la dendroénergie. À ce point, les produits forestiers concurrenceront directement l'agriculture pour accaparer une part du marché des biocombustibles. Les produits forestiers deviendront aussi une source de combustibles pour les transports et, là où la consommation d'énergie est fortement guidée par la politique (UE, Etats-Unis, par exemple), de grands marchés s'ouvriront à la dendroénergie dans les pays en développement du monde.

Dans de nombreuses parties du globe, l'expansion accélérée des plantations bioénergétiques pourrait se heurter à des obstacles comme les conflits concernant l'utilisation des terres, l'insécurité des régimes fonciers, le risque d'expropriation et des pratiques inefficaces de gouvernance. Des changements dans les droits de propriété et d'usage pourraient aussi donner lieu aux problèmes sociaux qui accompagnent généralement le remplacement de la végétation naturelle par des cultures de rapport.

Lorsque les cultures agricoles ont la priorité sur les arbres, le rôle de la foresterie pourrait se limiter à assurer des gains d'efficacité dans les utilisations courantes et à promouvoir l'emploi des résidus ligneux provenant d'opérations forestières. Dans de tels cas, les disponibilités de bois pour la production bioénergétique seraient moins contrôlées par les marchés de l'énergie que par les tendances de la production de bois rond, l'étendue des ressources forestières et les demandes concurrentielles de résidus ligneux.

Bien que les prix du pétrole soient élevés, les pays en développement doivent évaluer très attentivement les risques des investissements dans la bioénergie. De nombreux investissements bioénergétiques réalisés dans les années 1980 ont perdu tout intérêt dès que les prix du pétrole sont retombés à leurs niveaux antérieurs (IBDF, 1979, Tomaselli, 1982). Mais depuis la situation a changé car de nouveaux éléments comme le réchauffement de la planète ont pris plus d'importance.

Les investissements bioénergétiques dépendent souvent de subventions et d'innovations technologiques. Les pays en développement ont peu de moyens financiers et beaucoup de priorités, aussi est-il fondamental d'effectuer une évaluation complète des risques et d'identifier les moyens de maximiser les avantages des investissements bioénergétiques. Le Mécanisme pour un développement propre du Protocole de Kyoto offre des incitations pour l'établissement de plantations énergétiques et le financement de l'utilisation durable des biocombustibles. Le protocole facilite aussi le transfert de technologies aux pays en développement.

COMBUSTIBLES LIGNEUX SOLIDES

La dendroénergie produite à l'aide de technologies efficaces concurrence déjà l'énergie fossile dans de nombreux pays et peut offrir par rapport aux autres matières premières de la bioénergie les niveaux les plus élevés d'efficacité énergie-carbone, notamment lorsqu'elle est utilisée pour la production de chaleur et d'électricité. La dendroénergie est non seulement économiquement attractive, mais peut représenter une option stratégique pour renforcer la sécurité énergétique, surtout dans les pays dotés de vastes superficies forestières mais qui sont tributaires d'énergies importées.

Les sources de bois utilisées pour la production dendroénergétique peuvent provenir d'une gamme de systèmes de production existants. Les résidus ligneux sont la source la plus immédiate de d'énergie étant donné leur disponibilité, leur valeur relativement faible et leur proximité des lieux où sont entreprises des opérations forestières. Les plantations établies exclusivement pour la production d'énergie sont de plus en plus diffuses dans quelques pays, et il est probable que celles à multiples objectifs fourniront des grumes non seulement pour la production d'énergie mais aussi pour d'autres usages suivant la demande des marchés. Les terres forestières défrichées et les essences actuellement peu prisées représentent des sources supplémentaires potentielles de bois pour la production énergétique.

Résidus ligneux

De nombreux pays n'ont pas une idée claire de la quantité de biomasse qui peut être récoltée à partir des opérations d'exploitation en cours, et ils n'ont jamais évalué pleinement le potentiel offert par les résidus ligneux pour la production d'énergie. Le tableau 6 compare les disponibilités de résidus ligneux issus des forêts naturelles d'Amazonie avec des plantations de pin à croissance rapide pour deux opérations industrielles typiques entreprises au Brésil. Les informations montrent qu'une petite part seulement de l'arbre est convertie en produits marchands. Ce matériel consiste essentiellement en houppiers et autres rejets qui sont laissés dans la forêt après les opérations d'exploitation.

Dans les pays en développement, l'excédent des résidus ligneux produits dans la scierie sont souvent inutilisés, ce qui crée des problèmes environnementaux en affectant la qualité de l'eau et de l'air. La production d'énergie à partir de ces résidus peut résoudre les problèmes tant de la production d'énergie que de l'élimi-

TABLEAU 6

Résidus ligneux d'opérations forestières industrielles au Brésil (% de la récolte totale de bois)

| Opération | Forêt naturelle | | Plantations | |
|---------------------------------------|-----------------|--------|--------------|--------|
| | Produit | Résidu | Produit | Résidu |
| Récolte | 30-40 | 60-70 | 80-90 | 10-20 |
| Transformation primaire et secondaire | 10-20 | 10-20 | 30-40 | 40-50 |
| Total | 80-90 | | 60-70 | |

Sources: OIBT, 2005; STCP – Banque de données (adaptation)

nation des déchets. Les technologies de combustion des résidus prévoient l'emploi de simples machines à vapeur pour la production d'électricité à petite échelle et des turbines à vapeur pour les plus grandes centrales électriques (OIBT, 2005).

Certaines analyses théoriques de la production d'énergie à partir des résidus ligneux dans les pays en développement laissent penser qu'ils ont un potentiel énergétique considérable (Tomaselli, 2007). Au Cameroun, par exemple, les résidus ligneux produits dans les scieries suffiraient à eux seuls pour couvrir la totalité de la demande intérieure d'électricité. Si tous ces résidus issus des opérations forestières au Cameroun étaient utilisés pour la production d'électricité, le pays serait à même de produire un volume cinq fois supérieur à la demande actuelle.

Les résidus ligneux provenant des scieries pourraient aussi produire une part significative de l'électricité consommée au Gabon, au Nigéria, en Malaisie et au Brésil. En comparaison, la contribution potentielle des résidus ligneux à la consommation totale d'électricité en Inde, en Thaïlande, en Colombie et au Pérou est relativement faible.

Les résidus ligneux des scieries ne représentent qu'un faible pourcentage des résidus totaux disponibles. Le volume des résidus ligneux laissés sur place après les opérations d'abattage dans les forêts tropicales est de trois à six fois plus élevé que celui produit par les scieries. Des technologies efficientes peuvent être utilisées pour récolter le matériel et le transporter jusqu'aux centrales électriques, afin de réduire les coûts, d'atténuer l'impact environnemental et de produire de l'électricité. Étant donné que ces mesures sont déjà activement appliquées dans la plupart des pays industrialisés les plus avancés, il pourrait n'y avoir pour ces pays qu'un intérêt limité à augmenter l'utilisation des résidus à des fins énergétiques. (Steierer *et al.*, 2007).

Dans de nombreux pays, l'utilisation des résidus agricoles et forestiers pourrait déterminer une réduction significative des terres à affecter à la production de biocombustibles, diminuant par là même l'impact social et environnemental des plantations énergétiques. Toutefois, en pratique, souvent le bois déclaré comme disponible pour la production d'énergie industrielle ne peut être récolté économiquement. En outre, l'exploitation forestière, l'expansion de l'agriculture et d'autres facteurs ont réduit les superficies forestières dans le monde entier. Il est donc possible que la disponibilité de résidus ligneux diminuera dans les années à venir, en dépit des taux élevés d'établissement de plantations.

Les résidus ligneux sont nécessaires à la santé des sols et des écosystèmes, et certaines quantités doivent donc être laissées sur le sol. Les résidus de l'exploitation forestière représentent une importante source de nutriments forestiers et contribuent à atténuer le risque d'érosion du sol (UN-Energy, 2007). La récupération excessive de biomasse pourrait aboutir à la disparition des nutriments, à la perte de biodiversité et à des modifications de l'écosystème.

Plantations énergétiques

Les plantations énergétiques ne sont pas une innovation. Les plantations forestières affectées à la production dendroénergétique existent depuis un certain temps dans de nombreux pays (NAS, 1980), bien que la plupart d'entre elles soient

petites, utilisent des technologies rudimentaires et ont généralement pour objectif l'approvisionnement en bois de feu pour la consommation locale.

Dans les zones tempérées, il existe un grand nombre d'espèces arborescentes à croissance rapide adaptées aux plantations énergétiques, y compris *Acacia mangium*, *Gmelina arborea* et plusieurs espèces d'*Eucalyptus*, *Salix* et *Populus* (Perley, 2008). Les taux de croissance des arbres sont extrêmement variables et dépendent de leur gestion, des espèces et de l'emplacement. Dans les pays tropicaux, ces taux sont fortement liés aux disponibilités en eau (Lugo, Brown et Chapman, 1988). La fertilité du sol est également un facteur important. Les plantations forestières à courte révolution ont besoin de plus d'éléments nutritifs que les autres forêts qui occupent des terres moins adaptées à l'agriculture.

Le Brésil est l'un des rares pays où la production à grande échelle de dendroénergie est étudiée depuis des décennies. D'importants investissements ont été réalisés dans l'établissement de plantations forestières, principalement *Eucalyptus* spp., à croissance rapide, affectées à la production de bois pour la génération de charbon de bois destiné à l'alimentation de l'industrie de l'acier. Le Brésil a également développé ses plantations forestières afin de produire la biomasse comme combustible et pour la production de chaleur et d'électricité destinées aux industries des produits alimentaires, des boissons et d'autres produits.

Des politiques claires et cohérentes, des législations et des directives de bonnes pratiques peuvent aider à équilibrer les avantages et les inconvénients des effets culturels, économiques et environnementaux de l'augmentation des investissements réalisés dans les plantations forestières (FAO, 2007a). Une productivité élevée, des techniques efficaces d'exploitation et une bonne organisation logistique sont fondamentales pour que les coûts de production de la biomasse permettent de générer de l'énergie à des prix compétitifs pour le marché.

Comme source de bioénergie, les arbres offrent des avantages par rapport à maintes cultures agricoles qui doivent être normalement récoltées chaque année, ce qui augmente le danger d'offre excédentaire et de volatilité des marchés (Perley, 2008). L'exploitation des arbres et d'autres cultures pérennes peut être avancée ou retardée en fonction de la fluctuation des prix. Les produits peuvent avoir plusieurs utilisations finales comme la production d'énergie, la fabrication de pâtes et de panneaux, voire la production de sciages.

Les pays intéressés à l'établissement de plantations énergétiques doivent commencer à mettre en place les conditions propres à une production efficace de dendroénergie. Cela suppose la mise au point du matériel génétique adapté aux conditions locales et l'adoption de technologies avancées pour les opérations sylvicoles, la gestion des plantations, la récolte, les transports et la conversion en énergie.

Quelques pays en développement auront besoin d'investir pendant des années dans la recherche-développement technologique avant de pouvoir transformer les plantations énergétiques en une option attractive. Les risques associés à ces entreprises peuvent être atténués par l'utilisation d'espèces adaptées et de matériel génétique de haute qualité, mais. Les pays et les investisseurs doivent aussi se rendre compte qu'ils se lancent dans un investissement de longue haleine à risque.

L'un des principaux risques sur lesquels n'ont aucun contrôle les pays et les investisseurs est la fluctuation des prix de l'énergie et du bois au fil du temps.

Les variations des prix de l'énergie peuvent rendre les plantations énergétiques non viables et, partant, sans valeur marchande. Ce risque est moins grand dans les pays qui ont des industries forestières plus développées et qui peuvent adapter la biomasse à d'autres usages. Par exemple, la présence d'industries des pâtes et des panneaux de bois reconstitué, qui utilisent les mêmes matières premières, réduit les risques des investissements dans des plantations énergétiques. Les investisseurs devront vérifier si l'établissement et la gestion des forêts pour la production de biomasse sont compatibles avec les objectifs des industries forestières oeuvrant déjà dans les pays en développement, notamment les moins avancés.

Essences peu utilisées et forêts secondaires

Les essences qui ne sont pas utilisées par l'industrie du bois offrent une autre opportunité. Une récente étude a analysé l'option consistant à associer la récolte d'essences traditionnelles servant à l'industrie du bois avec celles peu connues et peu utilisées pour la production d'énergie (OIBT, 2005). L'énergie produite selon cette approche permettrait d'accroître les recettes et d'améliorer la gestion durable des forêts (OIBT, 2005).

La gestion des forêts secondaires pour la production énergétique est une autre option. Dans les régions tropicales, les forêts secondaires sont très étendues. Ce type de forêts contient d'importants volumes de biomasse que les industries traditionnelles de transformation du bois ne peuvent pas utiliser et qui représentent une source potentielle d'énergie. L'application des directives de l'Organisation internationale des bois tropicaux pour la gestion des forêts secondaires peut promouvoir la mise en valeur durable de ces forêts pour la production de dendroénergie (OIBT, 2002).

Offre future de bois

La valeur du bois comme combustible ayant été faible jusqu'ici par rapport à d'autres utilisations finales, l'offre future de bois pour la production de bioénergie viendra probablement des opérations forestières en cours. Mais la situation pourrait changer avec la mise au point d'une technologie permettant la production d'énergie à partir de matériaux cellulosiques à des prix compétitifs, comme expliqué à la section 3.

Mabee et Saddler (2007) ont passé en revue un certain nombre d'études prospectives régionales et mondiales sur les disponibilités de fibres forestières pour déterminer l'offre mondiale renouvelable de biomasse forestière à des fins dendroénergétiques. Ils ont conclu que la demande accrue de dendroénergie dans les pays industrialisés influencera d'une façon marquée le volume de l'excédent de biomasse forestière disponible, à savoir entre 10 et 25 pour cent des excédents mondiaux estimés. Cependant, il n'est pas certain que les disponibilités mondiales de fibres couvrent la demande dans certaines régions, et la demande accrue des industries de transformation du bois risque aussi de les concurrencer.

Les technologies et les systèmes utilisés pour créer la dendroénergie jouent un rôle important dans l'analyse des disponibilités futures de biomasse forestière affectées à la production bioénergétique. Des améliorations de l'efficacité d'utilisation des combustibles ligneux permettraient d'obtenir des quantités notables d'énergie ligneuse dans le monde entier. Avec une approche axée sur des techniques optimales pour la récupération de l'énergie (par exemple, des techniques de production combinée de chaleur et d'électricité avec récupération des gaz de combustion, ou des fourneaux à granulés de bois très efficaces), la quantité d'énergie disponible grâce à la récupération des combustibles ligneux augmente de façon spectaculaire et la ressource peut être considérablement accrue.

Les augmentations de la production de bioénergie d'origine forestière pourraient avoir un impact sur les industries de transformation traditionnelles. Dans certains pays industrialisés, les volumes de bois récoltés dans la forêt à des fins énergétiques représentent déjà au moins la moitié de la production de bois rond industriel (Steinerer *et al.*, 2007; FAO, 2007b). Dans d'autres, les volumes de bois utilisés à des fins bioénergétiques sont encore faibles par rapport aux volumes de bois rond industriel récoltés. Cependant, si l'on tient compte de la récupération des résidus et des déchets après consommation, l'emploi du bois à des fins énergétiques est supérieur à la production de bois rond industriel dans plusieurs pays industrialisés. L'impact que la demande de bois pour la production d'énergie pourrait avoir sur les prix des produits forestiers est décrit en détail dans l'encadré 4.

ENCADRÉ 4 Prix des produits forestiers

Dans les pays européens, les prix du bois ont baissé en termes réels tant en ce qui concerne le bois rond que le bois de trituration (CENUE, 2007; Hillring, 1997). Il est plus difficile de déterminer la tendance à long terme pour diverses raisons dont les taux de conversion des devises, les effets des taux d'inflation nationaux, les régimes fiscaux nationaux et les données disponibles. Les estimations mondiales du marché futur pour les produits forestiers prévoient une faible variation des prix réels du bois rond industriel, des sciages et des panneaux à base de bois jusqu'en 2010, ceux du papier journal et du papier d'écriture baissant légèrement (FAO, 1997; Trømborg, Buongiorno et Solberg, 2000). Cependant, au cours de ces dernières années, les prix réels des produits forestiers ont haussé partout dans le monde.

De récentes études ont fait observer que les prix des grumes de sciage de bois des conifères ont augmenté dans la plupart des régions d'Amérique du Nord et d'Europe en 2005/2006 (CENUE/FAO, 2006, 2007). Les augmentations des coûts du transport et les incitations à la production bioénergétique ont été citées comme les principales raisons de cette hausse. Les prix du bois de trituration sont aussi montés dans ces régions, là encore à cause probablement d'une augmentation des coûts de transport mais aussi

d'une amélioration du marché de la pâte. Les prix des sciages et du bois de trituration devraient continuer à s'élèver dans les prochaines années (CENUE/FAO, 2006).

Ces tendances des prix du bois suggèrent plusieurs observations:

- Bien que la valeur du bois soit en hausse, l'industrie forestière rapporte moins aujourd'hui qu'au cours des années précédentes. Cette situation pourrait compromettre les investissements ou l'entrée dans le secteur de nouvelles entreprises.
- La valeur actuelle du bois, qui est faible par rapport aux données historiques, peut être une incitation à utiliser du bois dans les applications de valeur relativement basse comme la bioénergie.
- La compétition accrue pour les fibres ligneuses comme nouvelles sources de bioénergie possibles devrait confirmer la tendance actuelle à la hausse des prix du bois. Au fur et à mesure que les prix montent, cette tendance peut ralentir le développement de la production de nouvelles sources de bioénergie à moyen ou à long terme.
- Les politiques gouvernementales peuvent exercer un impact considérable sur les prix du bois. Les subventions aux investissements dans l'énergie renouvelable, les incitations fiscales et les droits de douane ont tous un impact sur les prix du bois, notamment dans les pays industrialisés.

On prévoit à l'heure actuelle que la forte demande de matières premières des biocombustibles à base de bois entraînera la hausse des prix des produits forestiers. Les usines de pâte et les fabricants de panneaux concurrencent le plus directement les applications bioénergétiques pour les disponibilités en bois, et à court terme, il est probable que les consommateurs devront faire face à l'augmentation des prix de quelques produits (CENUE/FAO, 2007).

ÉMISSIONS ET ÉCONOMIE DES BIOCOMBUSTIBLES

La plupart des études prévoient que les biocombustibles liquides de la deuxième génération issus de cultures pérennes et de résidus ligneux et agricoles réduiront de manière spectaculaire le cycle de vie des émissions de gaz à effet de serre par rapport aux combustibles à base de pétrole. Certaines options permettraient une réduction nette des émissions de plus de 100 pour cent – c'est-à-dire que le processus de production bioénergétique emmagasinera plus de carbone qu'il n'émettrait sous forme d'anhydride carbonique pendant son cycle de vie – avec une application inférieure d'engrais et l'utilisation de la biomasse ou d'autres sources renouvelables pour produire l'énergie nécessaire au processus (voir Worldwatch Institute, 2007).

D'après certaines études l'utilisation de bioéthanol tiré du maïs ne représente qu'une légère amélioration par rapport au pétrole en matière d'efficacité énergétique, alors que le bioéthanol tiré du bois peut multiplier l'efficacité par quatre (NRDC, 2006). Selon les estimations les émissions de gaz à effet de serre issus des combustibles à base de biomasse de la deuxième génération seraient inférieures de 75 à 85 pour cent à celles des combustibles à base de pétrole utilisés pour les moteurs, grâce

à une agriculture moins intensive et en supposant que la partie non fermentable de la plante soit utilisée comme combustible de transformation (Global Insight, 2007). Ainsi, si des innovations font qu'il devient plus efficace ou au moins aussi économique de produire des biocombustibles liquides à partir de matériel cellulosique plutôt qu'à partir de cultures vivrières, la concurrence avec la production alimentaire serait réduite, l'efficacité énergétique accrue et le bilan énergétique amélioré. Cela pourrait favoriser une expansion des plantations forestières.

Par rapport à l'essence ou au diesel, on obtient les émissions de gaz à effet de serre les plus faibles avec les processus qui utilisent la biomasse plutôt que les biocombustibles liquides (c'est-à-dire les processus de gazéification/pyrolyse qui peuvent exploiter la totalité de la plante). Il en est de même pour la canne à sucre et l'éthanol cellulosique réduit les émissions de plus de 75 pour cent. L'éthanol tiré du blé ne permet que de faibles réductions à moins que l'on utilise aussi la paille de blé dans les systèmes de production combinée de chaleur et d'électricité (figure 15).

La canne à sucre est la matière première agricole la plus économique pour produire des combustibles liquides, alors que le maïs et d'autres céréales, ainsi que les oléagineux de l'hémisphère Nord, sont moins compétitifs sur le plan commercial (figure 16). Bien que le coût de la production d'éthanol cellulosique soit actuellement plus élevé que celui de l'éthanol d'origine céréalière, les perspectives de réduction des coûts de production sont beaucoup plus grandes que pour l'éthanol cellulosique. En 2030 la parité avec l'éthanol tiré de la canne à sucre serait possible (AIE, 2006).

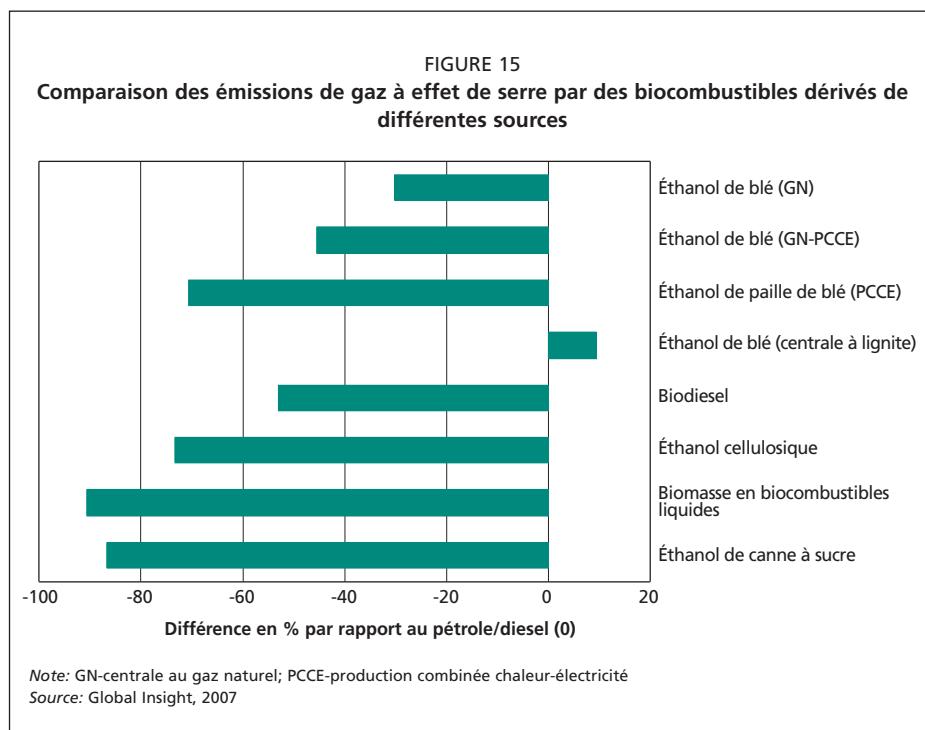
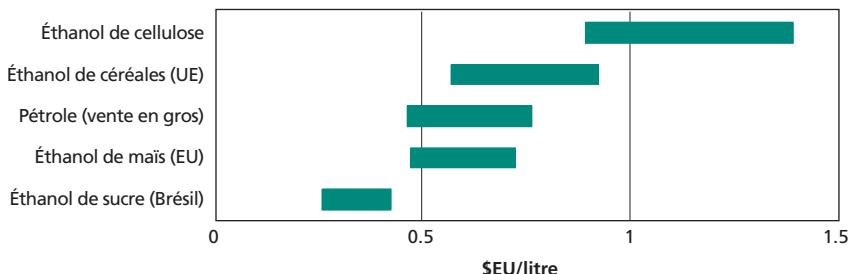


FIGURE 16
Compétitivité des biocombustible ventilée par matière première



Source: voir Worldwatch Institute, 2007

ENCADRÉ 5

Éfficacité énergétique et production de bioénergie

La consommation énergétique de la production de bioénergie est importante pour deux raisons. En premier lieu, pour être durable, la quantité d'énergie gagnée pendant l'utilisation d'une culture énergétique doit dépasser celle dégagée pendant sa production. En deuxième lieu, dans les stratégies d'atténuation du changement climatique axées sur la bioénergie, il faut tenir compte du type de combustible employé pour les apports en énergie et de leurs émissions de gaz à effet de serre.

L'emploi d'énergie dépend d'un certain nombre de facteurs. L'agriculture requiert des apports en énergie à maints différents stades de sa mise en oeuvre, y compris pour les machines agricoles, pour l'irrigation et la gestion de l'eau et pour le transport des produits jusqu'aux marchés. De grandes quantités d'énergie sont aussi consommées dans des activités associées à l'agriculture, comme la fabrication et la transformation des engrains et des pesticides, et la distribution des produits agricoles. C'est le cas notamment des systèmes d'exploitation agricole à forte intensité d'intrants.

Dans les pays industrialisés, l'agriculture exige normalement beaucoup plus d'énergie que dans les pays en développement. Cependant, lorsque ces derniers adoptent des pratiques agricoles plus avancées, les apports en énergie tendent à augmenter. Dans de nombreux cas, les apports énergétiques proviendront probablement de combustibles fossiles. C'est pourquoi, par rapport à ces combustibles, la production et l'utilisation des ressources bioénergétiques ne permet qu'une faible réduction des émissions de carbone.

Comme source de biomasse, le principal avantage des forêts et des arbres réside dans leurs besoins plus faibles en énergie et dans leur adaptation à des terrains moins fertiles que ceux exigés par l'agriculture. Toutefois, de nombreux obstacles empêchent d'exploiter pleinement ces avantages, y compris l'arrivée souvent retardée des technologies de la deuxième génération, l'offre future de bois et les infrastructures nécessaires à la viabilité économique (Perley, 2008).

La mise au point d'un processus économiquement viable de production de biocombustibles cellulosiques liquides pourrait encourager l'utilisation diffuse de biomasse forestière dans le secteur des transports. Étant prévu que la majorité de la demande de biocombustibles liquides viendra des pays développés, le principal facteur qui influence les plans de développement dans la plupart des pays en développement consiste dans leurs perspectives de commercialisation.

Les matières premières et les processus qui ne produisent pas de gains nets importants d'énergie intéresseront probablement moins les marchés, bien que d'autres objectifs pourraient assurer la continuité de leur production (Wolf, 2007). Il est improbable que les cultures établies expressément pour la production de biocombustibles cellulosiques s'étendent de manière significative car les innovations technologiques et les prix du bioéthanol ne favoriseront probablement pas leur production par rapport à d'autres cultures. De même, on ne s'attend pas à ce que les usines autonomes de production du bioéthanol et de biodiesel de la deuxième génération deviennent rentables dans les décennies à venir (Global Insight, 2007). La compétitivité des différentes matières premières dépend de l'efficacité énergétique nette de la production et de la transformation des différentes cultures (encadré 5).

