

5. Impacts des biocarburants sur l'environnement

Bien que la production de biocarburants demeure modeste par rapport à la demande totale d'énergie, elle est importante comparée à la production agricole actuelle. Il faut reconnaître les implications environnementales et sociales potentielles de sa croissance continue. La réduction des gaz à effet de serre est par exemple un des objectifs explicites de certaines mesures destinées à favoriser la production de biocarburants. Des impacts négatifs imprévus sur les sols, l'eau et la biodiversité font partie des effets secondaires de la production agricole en général, mais ils sont particulièrement préoccupants en ce qui concerne les biocarburants. L'importance de ces impacts dépend de la manière dont les matières premières servant à fabriquer les biocarburants sont produites et traitées, de l'échelle de production et, en particulier, de la façon dont elles influent sur le changement d'affectation des terres, l'intensification et les échanges internationaux. Le présent chapitre étudie les implications environnementales des biocarburants; leurs implications sociales seront examinées dans le chapitre suivant.

Les biocarburants contribueront-ils à atténuer les effets du changement climatique¹²?

Jusqu'à une date récente, de nombreux décideurs partageaient du principe que le remplacement des combustibles solides par des combustibles produits à partir de la biomasse auraient des effets significatifs et positifs sur le changement climatique en émettant des niveaux plus faibles des gaz à effet de serre qui contribuent au réchauffement mondial. Les cultures servant à produire la bioénergie peuvent réduire ou compenser les émissions de gaz à effet

de serre en supprimant le gaz carbonique de l'air lors de leur pousse et en le stockant dans la biomasse des cultures et le sol. À côté des biocarburants, un grand nombre de ces cultures engendrent des sous-produits tels que les protéines pour l'alimentation du bétail, permettant ainsi d'économiser sur l'énergie qui aurait été utilisée pour produire des aliments pour animaux par d'autres moyens.

En dépit de ces avantages potentiels, des études scientifiques ont pourtant montré que les bilans des gaz à effet de serre des divers biocarburants variaient sensiblement par rapport à ceux du pétrole. Selon les méthodes utilisées pour produire les matières premières et traiter le combustible, certaines cultures peuvent même générer davantage de gaz à effet de serre que les combustibles fossiles. Par exemple, le protoxyde d'azote, un gaz à effet de serre dont le potentiel de réchauffement mondial est environ 300 fois supérieur à celui du dioxyde de carbone est émis par les engrais azotés. En outre, des gaz à effet de serre sont émis à d'autres étapes de la production des cultures pour la bioénergie et des biocarburants: pendant la production des engrais, des pesticides et du combustible utilisés pour l'exploitation agricole, au cours du traitement chimique, du transport et de la distribution, jusqu'à l'utilisation finale.

Des gaz à effet de serre peuvent aussi être émis par les changements directs ou indirects d'affectation des terres déclenchés par l'accroissement de la production de biocarburant, par exemple lorsque le carbone stocké dans les forêts ou les herbages est libéré du sol pendant la conversion des terres à la production de cultures. Ainsi, alors que le maïs produit pour l'éthanol peut entraîner des économies de gaz à effet de serre d'environ 1,8 tonne de gaz carbonique par hectare et par an et les herbages – une culture possible de la deuxième génération – peuvent permettre d'économiser 8,6 tonnes par hectare et par an, la conversion des

¹² L'analyse contenue dans la présente section est en partie fondée sur FAO (2008d).

herbages pour produire ces cultures peut émettre 300 tonnes par hectare et la conversion des forêts peut émettre 600 à 1 000 tonnes par hectare (Fargione *et al.*, 2008; The Royal Society, 2008; Searchinger, 2008).

L'analyse du cycle de vie est l'instrument analytique utilisé pour calculer les bilans des gaz à effet de serre. Le bilan des gaz à effet de serre est le résultat de la comparaison entre toutes les émissions de gaz à effet de serre tout au long des étapes de production et d'utilisation d'un biocarburant et le total des gaz à effet de serre émis lors de la production et de l'utilisation de la quantité équivalente d'énergie du combustible fossile correspondant (Figure 22).

Le point de départ de l'estimation du bilan des gaz à effet de serre est une série clairement définie de limites pour un système de biocarburant spécifique, qui

est comparée à un système de référence adéquat «conventionnel» – le plus souvent le pétrole. Certaines matières premières pour la fabrication des biocarburants génèrent aussi des dérivés, tels que les tourteaux ou les aliments pour bétail. On considère que ces émissions de gaz à effet de serre sont «évitées» et elles sont évaluées en les comparant avec des produits isolés similaires ou en les affectant (par exemple par contenu énergétique ou prix du marché). Les bilans des gaz à effet de serre varient sensiblement selon les cultures et la localisation, car ils dépendent des méthodes de production des matières premières, des technologies de conversion et de l'utilisation. Les intrants comme les engrais azotés ou le type de production d'électricité (par exemple à partir du charbon ou du pétrole ou encore du nucléaire) utilisé pour convertir les matières premières en biocarburants peuvent

FIGURE 22
Analyse du cycle de vie pour les bilans des gaz à effet de serre

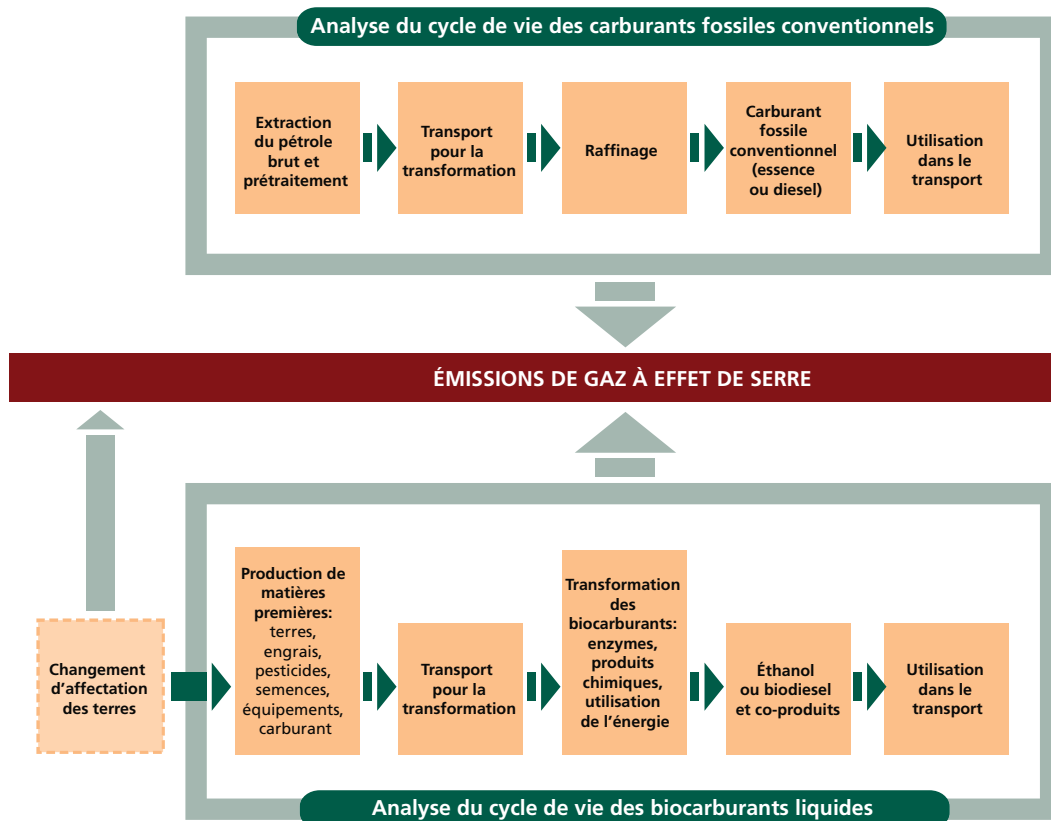
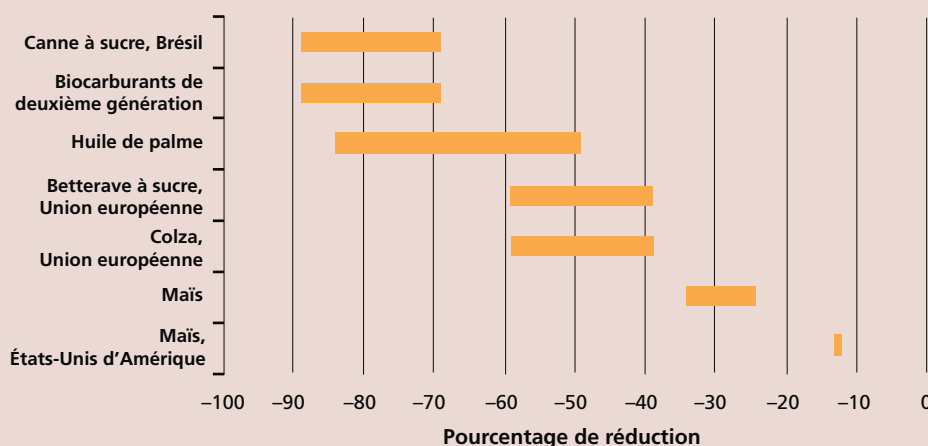


FIGURE 23

Réductions des émissions de gaz à effet de serre produits par certains biocarburants par rapport à des carburants fossiles



Note: Exclut les effets du changement d'affectation des terres.

Sources: AIE, 2006, et FAO, 2008d.

se traduire par des niveaux très variables d'émissions de gaz à effet de serre et être très différents d'une région à l'autre.

Jusqu'à présent, la plupart des analyses du cycle de vie des biocarburants ont été réalisées pour les céréales et les graines oléagineuses dans l'UE et aux États-Unis d'Amérique et pour l'éthanol à base de canne à sucre au Brésil. Un petit nombre d'études ont porté sur les huiles végétales, le biodiesel provenant de l'huile de palme, du manioc et du jatropha et le biométhane provenant du biogaz. Étant donné la grande variété des biocarburants, des matières premières et des technologies de production et de conversion, on attendrait une diversité similaire dans les résultats en termes de réductions d'émission – ce qui est en fait le cas. La majorité des études ont constaté que la production de biocarburants de la première génération à partir des matières premières actuelles entraînait des réductions d'émissions de l'ordre de 20 à 60 pour cent par rapport aux combustibles solides, si les systèmes les plus efficaces sont utilisés et si les rejets de carbone provenant du changement d'affectation des terres sont exclus. La Figure 23 présente les fourchettes estimatives de réduction des émissions de gaz à effet de serre pour une série de cultures et de lieux, les effets du changement d'affectation des terres étant exclus. Pour

le Brésil, qui a une longue expérience de la production d'éthanol à partir de la canne à sucre, les réductions sont encore plus marquées. Même si leur importance au niveau commercial reste insignifiante, les biocarburants de la deuxième génération permettent généralement de réduire les émissions de 70 à 90 pour cent par rapport au diesel fossile et à l'essence, toujours si l'on exclut les rejets de carbone liés au changement d'affectation des terres.

Plusieurs études récentes ont montré que les différences les plus significatives dans les résultats proviennent des méthodes d'affectation choisies pour les dérivés, des hypothèses d'émission d'oxyde nitreux et des modifications en matière d'émissions de carbone liées à l'affectation des terres. À l'heure actuelle, un certain nombre de méthodes différentes sont utilisées pour réaliser les analyses du cycle de vie et, comme on a pu le noter ci-dessus, certaines ne tiennent pas compte du problème complexe du changement d'affectation des terres. Les paramètres mesurés et la qualité des données utilisées dans l'évaluation doivent être conformes à des normes établies. Dans le cadre notamment du Partenariat mondial pour la bioénergie, des mesures sont actuellement prises pour mettre au point une méthode harmonisée d'évaluation des bilans de gaz à effet de serre. Il faut également

harmoniser l'évaluation des impacts plus larges sur l'environnement et la société des cultures bioénergétiques, pour garantir la transparence des résultats et leur cohérence sur une large gamme de systèmes.

Lorsqu'on évalue les bilans des gaz à effet de serre, les données relatives aux émissions provenant du changement d'affectation des terres sont décisives pour que le tableau qui en résulte soit complet et exact. Ces émissions se produisent au début du cycle de production des biocarburants et, si elles sont suffisamment importantes, de nombreuses années peuvent être nécessaires avant qu'elles ne soient compensées par les économies d'émissions réalisées lors des étapes ultérieures de production et d'utilisation. Lorsque les changements d'affectation des terres sont inclus dans l'analyse, les émissions de gaz à effet de serre pour certaines matières premières et systèmes de production des biocarburants peuvent même dépasser celles des combustibles fossiles. Fargione *et al.* (2008) ont estimé que la conversion des forêts ombrophiles, des tourbières, des savanes ou des herbages à la production d'éthanol et de biocarburant au Brésil, en Indonésie, en Malaisie ou aux États-Unis d'Amérique engendre des rejets de dioxyde de carbone au moins 17 fois supérieurs aux rejets économisés chaque année par le remplacement des combustibles fossiles par les biocarburants. Ils ont montré qu'il faudrait 48 ans pour rembourser cette «dette en carbone» dans le cas du retour aux terres faisant partie du Programme de conservation des terres à la production d'éthanol à partir du maïs aux États-Unis d'Amérique, plus de 300 ans pour la rembourser si les forêts pluviales amazoniennes sont converties à la production de biocarburant à base de soja et plus de 400 ans si les forêts pluviales et les tourbières tropicales sont converties pour la production de biocarburant à partir de l'huile de palme en Indonésie ou en Malaisie.

Righelato et Spracklen (2007) ont évalué les émissions de carbone évitées par les diverses matières premières pour l'éthanol et les biocarburants cultivées sur des terres agricoles existantes (comme la canne à sucre, le maïs, le blé et la betterave à sucre pour l'éthanol et le colza et la biomasse ligneuse pour le diesel). Ils ont trouvé que, dans chaque cas, davantage de carbone

serait séquestré sur une période de 30 ans en convertissant les terres cultivées en forêts. Ils estiment que si l'objectif des politiques de soutien aux biocarburants est d'atténuer les effets du réchauffement mondial, l'efficacité du combustible et la conservation et la restauration des forêts seraient des alternatives plus efficaces.

Parmi les options pour réduire les émissions de gaz à effet de serre actuellement étudiées, les biocarburants constituent une alternative importante, mais dans de nombreux cas l'amélioration de l'efficacité et de la conservation de l'énergie, l'accroissement de la fixation du carbone par le reboisement ou la modification des pratiques agricoles, ou bien l'utilisation d'autres formes d'énergies renouvelables peut être plus efficace par rapport aux coûts. Aux États-Unis d'Amérique par exemple, l'amélioration de l'efficacité moyenne du carburant des véhicules d'un mile par gallon peut réduire les émissions de gaz à effet de serre autant que la totalité de la production d'éthanol actuelle à partir du maïs dans ce pays (Tollefson, 2008). Doornbosch et Steenblik (2007) ont estimé que la réduction des émissions de gaz à effet de serre grâce aux biocarburants coûte plus de 500 dollars EU en termes de subventions par tonne de dioxyde de carbone aux États-Unis d'Amérique (éthanol à base de maïs), le coût pouvant aller jusqu'à 4 520 dollars EU dans l'UE (éthanol à partir de la betterave à sucre et du maïs) – soit beaucoup plus que le prix du marché des produits de substitution en équivalent dioxyde de carbone. Enkvist, Naucler et Rosander (2007) indiquent que des mesures relativement simples pour réduire la consommation d'énergie, comme une meilleure isolation des bâtiments nouveaux ou une efficacité accrue des systèmes de chauffage et d'air conditionné, ont des coûts de diminution du dioxyde de carbone inférieurs à 40€ la tonne.

Les dimensions aussi bien scientifiques que techniques du développement des bioénergies durables évoluent très rapidement (presque d'une semaine à l'autre). La compréhension complète des problèmes posés, y compris le changement d'affectation des terres, et l'évaluation adéquate des bilans des gaz à effet de serre sont primordiaux pour assurer que les cultures bioénergétiques ont un impact

ENCADRÉ 9

Le partenariat mondial sur les bioénergies

Le Partenariat mondial sur les bioénergies (GPEB), lancé à la quatorzième Session de la Commission des Nations Unies pour le développement durable en mai 2006, est une initiative internationale créée pour mettre en œuvre les engagements pris par les pays du G8+5 émergents¹ dans le Plan d'action adopté au sommet de Gleneagles en 2005. Il encourage le dialogue au plus haut niveau sur les politiques bioénergétiques, appuie l'élaboration de politiques bioénergétiques et l'ouverture de marchés au niveau régional, favorise l'utilisation efficace et durable de la biomasse, développe des activités de projets dans le domaine des bioénergies, favorise les échanges bilatéraux et multilatéraux d'informations, de compétences et de technologies, et facilite l'intégration des bioénergies dans les marchés de l'énergie en s'efforçant d'éliminer les obstacles rencontrés dans les filières d'approvisionnement.

Le Partenariat est présidé par l'Italie. La FAO, qui est un partenaire, en héberge le Secrétariat GBEP. Le Partenariat coopère avec la Plateforme internationale sur la bioénergie de la FAO, le Forum international des biocarburants, le Partenariat international

pour l'économie de l'hydrogène, le Programme méditerranéen pour les énergies renouvelables, le Partenariat méthane aux marchés, le Réseau de l'énergie renouvelable pour le XXI^e siècle, le Partenariat pour l'énergie renouvelable et l'efficacité énergétique et l'Initiative sur les biocarburants de la Conférence des Nations Unies sur le commerce et le développement (CNUCED) et les tâches qui y sont rattachées prises en charge par l'Agence internationale de l'énergie. En outre, le Partenariat a formé un groupe de travail pour harmoniser des méthodologies d'analyse du cycle de vie et élaborer un cadre méthodologique à cette fin. Toutes ces initiatives permettent de fournir une aide importante aux pays en développement et développés qui mettent en place des cadres réglementaires nationaux pour l'utilisation des bioénergies.

¹ Le groupe G8+5 comprend les pays du G8 (Allemagne, Canada, États-Unis d'Amérique, Fédération de Russie, France, Italie, Japon et Royaume-Uni) et les cinq économies émergentes les plus importantes (Afrique du Sud, Brésil, Chine, Inde et Mexique).

positif et durable sur les efforts de protection du climat. Du fait de la complexité des facteurs liés au changement d'affectation des terres, ils n'ont pas été pris en compte dans la plupart des analyses du cycle de vie des bioénergies, mais ils continuent à constituer des informations essentielles dont les gouvernements doivent tenir compte pour l'élaboration de leur politique bioénergétique.

En plus des impacts de la production de matières premières sur les émissions de gaz à effet de serre, le traitement et la distribution des biocarburants peuvent aussi avoir d'autres incidences sur l'environnement. Comme dans le secteur des hydrocarbures, le traitement des matières premières pour les biocarburants peut affecter la qualité de l'air local, en raison du rejet par les processus

industriels de monoxyde de carbone, de particules, d'oxyde d'azote, de sulfates et de composés organiques volatils (Dufey, 2006). Cependant, dans la mesure où les biocarburants peuvent remplacer la biomasse traditionnelle, comme le bois de chauffage et le charbon de bois, ils peuvent aussi permettre des améliorations spectaculaires de la santé publique, en particulier pour les femmes et les enfants, grâce à la réduction des maladies respiratoires et des décès occasionnés par la pollution de l'air dans les domiciles.

Dans certains cas, des réglementations nationales exigent des importateurs qu'ils certifient la culture durable des terres agricoles, la protection des habitats naturels et un niveau minimum d'économies de dioxyde de carbone pour les biocarburants.

Certains pays et organisations régionales (comme les États-Unis d'Amérique et l'UE) ont suggéré que les bilans nets de gaz à effet de serre relatifs aux biocarburants soient de 35 à 40 pour cent inférieurs à ceux du pétrole. Une analyse minutieuse de ces problèmes est importante pour tous les acteurs, en particulier pour les exportateurs de cultures ou de combustibles bioénergétiques, comme base de leurs décisions d'investissement et de production et pour garantir que leurs produits sont commercialisables.

■ **Changement d'affectation des terres et intensification**

La section précédente soulignait l'influence du changement d'affectation des terres sur les bilans des gaz à effet de serre de

la production de biocarburants. Lors de l'évaluation des émissions que pourraient entraîner l'accroissement de la production de biocarburants, il faut bien saisir dans quelle mesure cet accroissement sera couvert par l'amélioration de la productivité des terres ou par l'extension des zones cultivées; dans ce dernier cas, la catégorie de terres a aussi son importance. Les techniques de production agricole influent également sur les bilans des gaz à effet de serre. Ces deux types de facteurs auront aussi d'autres impacts sur l'environnement, en ce qui concerne les sols, l'eau et la biodiversité.

Au cours des cinq décennies écoulées, la majeure partie de l'accroissement de la production mondiale de produits agricoles de base (environ 80 pour cent) est venue des augmentations de rendement, le reste étant dû à l'extension des zones cultivées et à une plus grande fréquence des cultures

ENCADRÉ 10

Les biocarburants et le Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques

Bien qu'il n'existe pas d'accords internationaux spécifiques sur les bioénergies, la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (CCCC) invite les États membres à «tenir compte, dans la mesure du possible des considérations liées aux changements climatiques dans leurs politiques et actions sociales, économiques et écologiques et à utiliser des méthodes appropriées ... pour réduire au minimum les effets – préjudiciables à l'économie, à la santé publique et à la qualité de l'environnement – des projets ou mesures qu'elles entreprennent en vue d'atténuer les changements climatiques ou de s'y adapter» (CCCC, 1992, Article 4). Le protocole de Kyoto, qui expire en 2012, fournit un cadre moderne et robuste pour la promotion des technologies propres liées notamment aux énergies renouvelables.

Le Mécanisme de développement propre (MDP) est l'un des mécanismes de flexibilité du Protocole de Kyoto. Il a été conçu pour aider les Parties qui ne sont pas incluses dans l'Annexe 1 à

atteindre un développement durable et à contribuer à l'objectif ultime de la Convention. Il aide également les Parties incluses dans l'Annexe 1 à répondre à leurs engagements en matière de limitation et de réduction quantifiées d'émissions de gaz à effet de serre. Depuis la création du MDP en 2005, les projets axés sur le secteur industriel et énergétique sont les plus nombreux, y compris ceux ayant trait aux bioénergies. Dans le domaine des bioénergies, il existe plusieurs méthodologies qui peuvent s'appliquer à des projets utilisant la biomasse pour produire de l'énergie. Il faut cependant noter que le nombre de méthodologies approuvées pour les biocarburants est limité. Une méthodologie concernant les biocarburants fabriqués à base d'huiles usagées est actuellement disponible. Une autre, relative aux biocarburants produits en utilisant de la biomasse cultivée est en cours d'élaboration.

Source: FAO, sur la base d'une contribution du Secrétariat de la CCCC.

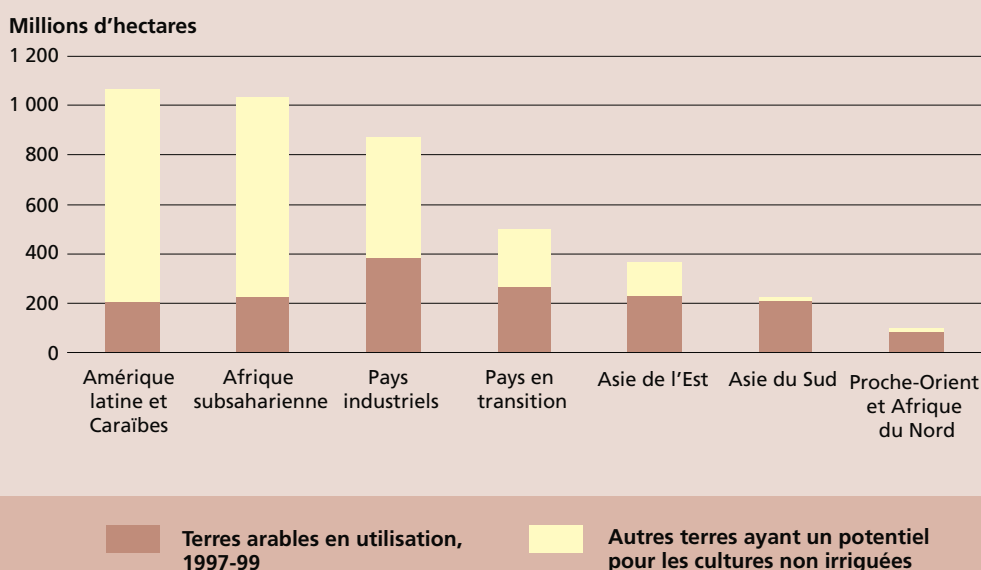
(FAO, 2003; Hazell et Wood, 2008). Le taux d'accroissement de la demande de biocarburants au cours des dernières années dépasse de loin les taux traditionnels de croissance de la demande de produits de base agricoles et des rendements des cultures. Ce phénomène suggère que la question du changement d'affectation des terres – et les incidences sur l'environnement qui y sont associées – peut encore gagner en importance dans le contexte des technologies de la première comme de la deuxième génération. À court terme, cette demande peut être satisfaite principalement par l'accroissement de la zone cultivée pour les biocarburants, alors qu'à moyen et long termes, le développement de meilleures variétés de culture pour les biocarburants, la modification des pratiques agronomiques et les nouvelles technologies (comme la conversion cellulosique) pourront commencer à dominer. Des améliorations notables des rendements et des progrès technologiques seront essentiels pour la production durable de matières premières pour les biocarburants, afin de réduire au minimum les changements rapides d'affectation des terres dans les zones déjà cultivées et la conversion de terres non encore cultivées, telles que les herbages ou les forêts.

Extension des superficies

Sur les 13,5 milliards d'hectares de superficie totale des terres, environ 8,3 milliards sont actuellement constitués d'herbages ou de forêts et 1,6 milliard sont cultivés (Fischer, 2008). Deux milliards d'hectares supplémentaires sont considérés comme potentiellement adaptés à la production de cultures non irriguées, comme le montre la Figure 24, bien que ce chiffre doive être considéré avec la plus grande prudence. La majeure partie des terres constituées de forêts, de milieux humides ou consacrées à d'autres usages rendent des services précieux en matière d'environnement, dont la fixation du carbone, la filtration de l'eau et la préservation de la biodiversité; c'est pourquoi l'expansion de la production des cultures dans ces zones pourrait être nuisible à l'environnement.

Après avoir exclu les forêts, les zones protégées et les terres nécessaires pour satisfaire la demande accrue pour les cultures vivrières et le bétail, on estime la superficie des terres potentiellement disponibles pour l'augmentation de la production de cultures (Fischer, 2008) à une fourchette de 250 à 800 millions d'hectares, dont la majeure partie se situe dans les zones tropicales

FIGURE 24
Potentiel d'extension des cultures



Source: FAO, 2003.

d'Amérique latine ou en Afrique (Fischer, 2008).

Une partie de ces terres pourrait servir directement à la production de matières premières pour les biocarburants, mais l'augmentation de la production de biocarburants sur les terres cultivées existantes pourrait aussi entraîner ailleurs l'accroissement de la production de cultures ne servant pas aux biocarburants. Par exemple, l'augmentation de la production de maïs pour le bioéthanol au centre des États-Unis d'Amérique a pris la place du soja sur certaines terres déjà cultivées, phénomène qui, à son tour, peut se traduire par l'augmentation de la production de soja et la conversion d'herbages ou de forêts dans un autre endroit du monde. Par conséquent, les changements aussi bien directs qu'indirects d'affectation des terres occasionnés par l'augmentation de la production de biocarburants doivent être pris en compte pour comprendre l'ensemble des impacts potentiels sur l'environnement.

On estime qu'en 2004, à l'échelle mondiale, 14 millions d'hectares étaient utilisés pour produire des biocarburants et leurs dérivés, soit environ 1 pour cent du total mondial des terres arables (AIE, 2006, p. 413)¹³. La canne à sucre est actuellement cultivée sur 5,6 millions d'hectares au Brésil et 54 pour cent de la récolte (quelque 3 millions d'hectares) servent à produire de l'éthanol (Naylor *et al.*, 2007). Les exploitants des États-Unis d'Amérique ont récolté du maïs sur 30 millions d'hectares en 2004, dont 11 pour cent (environ 3,3 millions d'hectares) ont servi à produire de l'éthanol (Searchinger *et al.*, 2008). En 2007, les zones plantées en maïs aux États-Unis d'Amérique ont augmenté de 19 pour cent (Naylor *et al.*, 2007; voir aussi Westcott, 2007, p. 8). Si la superficie plantée en soja aux États-Unis d'Amérique a baissé de 15 pour cent, au Brésil elle devrait augmenter de 6 à 7 pour cent pour atteindre 43 millions d'hectares (FAO, 2007c).

¹³ Pour la plupart des matières premières pour les biocarburants de la première génération (comme le maïs, la canne à sucre, le colza et l'huile de palme), on ne peut pas distinguer l'utilisation finale au stade de la production de la culture, si bien que la superficie des matières premières pour les biocarburants est déduite des données sur la production de biocarburants.

Comme signalé au Chapitre 4, les terres utilisées pour la production de biocarburants et de leurs produits dérivés devraient d'après l'AIE augmenter de trois à quatre fois au niveau mondial, suivant les politiques qui seront suivies dans les prochaines décennies et plus rapidement encore en Europe et en Amérique du Nord. Les projections de l'OCDE-FAO (2008) suggèrent que cette augmentation sera assurée par un passage aux céréales à l'échelle mondiale pendant la prochaine décennie. Le reste des terres nécessaires viendra de terres arables non plantées en céréales en Australie, au Canada et aux États-Unis d'Amérique, de terres mises de côté dans l'UE ou dans le cadre du Programme de conservation des terres des États-Unis d'Amérique et de terres nouvelles, actuellement non cultivées, en particulier en Amérique latine. Certaines terres qui n'étaient peut-être pas cultivées de manière rentable par le passé peuvent devenir profitables avec l'augmentation des prix des matières premières et la zone économiquement rentable devrait se modifier du fait de l'accroissement de la demande de biocarburants et de leurs matières premières (Nelson et Robertson, 2008). Par exemple, 23 millions d'hectares ont été retirés de la production agricole (principalement des céréales) dans des pays comme le Kazakhstan, la Fédération de Russie et l'Ukraine à la suite de l'éclatement de l'ancienne Union des républiques socialistes soviétiques; sur ce total, on estime à 13 millions d'hectares la superficie qui pourrait retourner à la production sans dommage majeur pour l'environnement, si les prix des céréales et les marges bénéficiaires restent élevés et si les infrastructures nécessaires dans les domaines de la manutention, du stockage et des transports sont réalisées (FAO, 2008e).

Au Brésil, la zone plantée en canne à sucre devrait presque doubler pour atteindre 10 millions d'hectares au cours de la prochaine décennie; ajouté à l'extension de la superficie du soja dans le pays, ce phénomène pourrait remplacer les pâturages pour le bétail et d'autres cultures, accroissant indirectement la pression sur les terres non cultivées (Naylor *et al.*, 2007). La Chine s'est «engagée à empêcher le retour à la production de cultures en ligne»

des terres inscrites dans son programme de Reconversion des terres en pente, mais cela pourrait intensifier la pression sur les ressources d'autres pays, comme le Cambodge et la République démocratique populaire lao (Naylor *et al.*, 2007).

L'importance potentielle du changement indirect d'affectation des terres entraîné par les biocarburants est illustrée par une analyse récente de Searchinger *et al.* (2008). Selon leurs prévisions, la superficie plantée en maïs pour la production d'éthanol aux États-Unis d'Amérique pourrait augmenter jusqu'à 12,8 milliards d'hectares ou plus d'ici à 2016, suivant la politique suivie et les conditions du marché. Les réductions de la superficie consacrée au soja, au blé et aux autres cultures qui y sont associées feraient monter les prix et entraîneraient une augmentation de la production dans d'autres pays. Cela pourrait conduire à la mise en culture à l'échelle mondiale de 10,8 millions d'hectares de terres, y compris une extension des terres arables de 2,8 millions d'hectares au Brésil (en majorité du soja) et de 2,2 millions d'hectares en Chine et en Inde (principalement du maïs et du blé). Si l'extension des cultures prévue suit la configuration observée dans les années 90, elle proviendrait en premier lieu des forêts en Europe, en Amérique latine, en Asie du Sud-Est et en Afrique subsaharienne et principalement des herbages dans les autres régions du monde. Une des hypothèses essentielles de ce scénario est que les augmentations de prix n'accéléreront pas la croissance des rendements, au moins à court terme.

D'autres études soulignent aussi les changements indirects possibles d'affectation des terres résultant des politiques relatives aux biocarburants (Birur, Hertel et Tyner, 2007). La réalisation des obligations et objectifs actuels concernant les biocarburants dans l'UE et aux États-Unis d'Amérique augmenterait sensiblement la part de la production nationale de matières premières allant aux biocarburants, tout en réduisant les exportations de produits de base et en faisant monter la demande d'importations. Parmi les effets, on trouverait une extension des terres consacrées aux céréales secondaires au Canada et aux États-Unis d'Amérique de 11 à 12 pour cent d'ici à 2010 et de la superficie consacrée aux graines oléagineuses au Brésil, au Canada et dans l'UE de 12 à

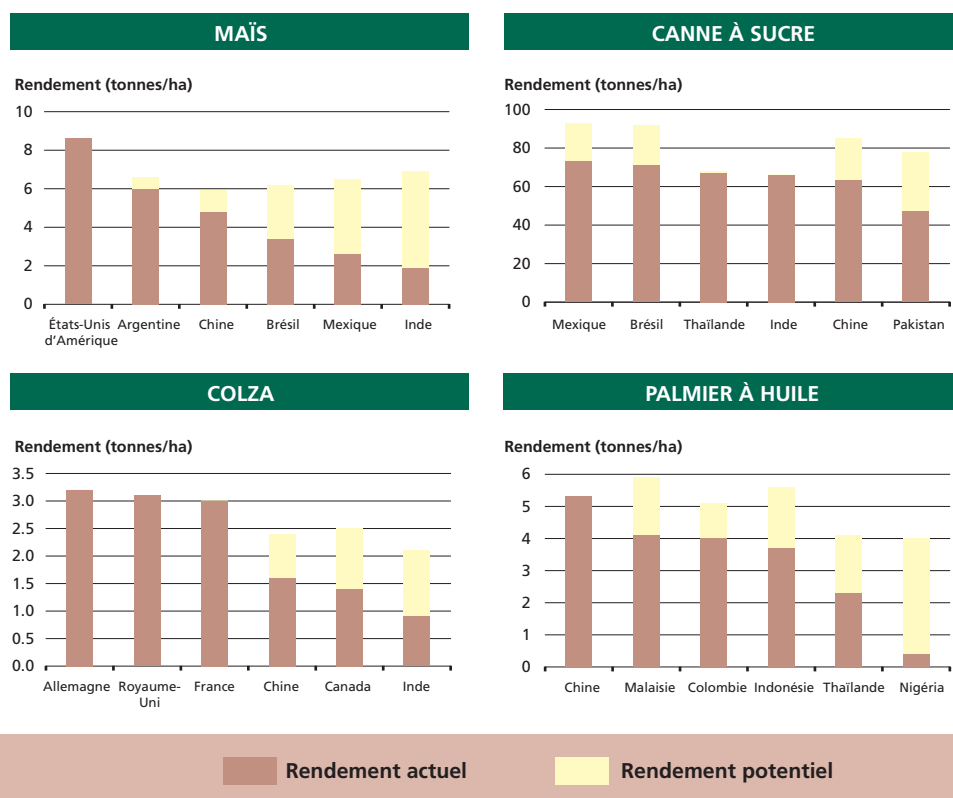
21 pour cent. Au Brésil, le prix des terres devrait selon les estimations doubler en raison de l'accroissement de la demande de céréales, de graines oléagineuses et de sucre de canne, ce qui suggère que les obligations en matière de biocarburants de l'UE et des États-Unis d'Amérique pourraient exercer une pression considérable sur les écosystèmes dans d'autres régions du monde, comme la forêt pluviale amazonienne. Banse *et al.* (2008) prévoient aussi des augmentations significatives de l'utilisation agricole des terres, en particulier en Afrique et en Amérique latine, du fait de l'application des politiques d'incorporation obligatoire de biocarburants en Afrique du Sud, au Canada, aux États-Unis d'Amérique, au Japon et dans l'UE.

Intensification

Si l'extension de la superficie en vue de la production de matières premières pour les biocarburants contribuera probablement de façon significative à satisfaire la demande accrue de biocarburants au cours des années à venir, l'intensification de l'utilisation des terres grâce à l'amélioration des technologies et des méthodes de gestion devra compléter cette option, en particulier pour que la production soit stable à long terme. Les augmentations des rendements agricoles ont traditionnellement été plus marquées en Asie, région densément peuplée, qu'en Afrique subsaharienne et en Amérique latine, et cela vaut davantage pour le riz et le blé que pour le maïs. Des investissements publics et privés de grande ampleur concernant la recherche destinée à améliorer les matériaux génétiques, les intrants et l'utilisation de l'eau ainsi que les pratiques agronomiques ont joué un rôle essentiel pour obtenir ces gains de rendement (Hazell et Wood, 2008; Cassman *et al.*, 2005).

En dépit de gains significatifs dans les rendements des cultures à l'échelle mondiale et dans la plupart des régions, les rendements sont restés à la traîne en Afrique subsaharienne. Les rendements réels restent inférieurs à ce qu'ils pourraient être dans la plupart des régions – comme le montre la Figure 25 – ce qui laisse penser qu'il reste une marge considérable pour accroître la production sur les terres arables existantes. Evenson et Gollin (2003) ont démontré la présence d'un grand décalage dans

FIGURE 25
Potentiel d'accroissement des rendements de certaines cultures destinées à la fabrication de biocarburants



Note: Dans certains pays, les rendements actuels dépassent les rendements potentiels grâce à l'irrigation, aux cultures multiples, à l'utilisation d'intrants et de diverses pratiques de production.

Source: FAO.

l'adoption de variétés de cultures modernes à haut rendement, particulièrement en Afrique. L'Afrique a aussi accumulé du retard dans l'utilisation des autres technologies d'amélioration des rendements, telles que les systèmes de gestion intégrée des éléments nutritifs et de lutte contre les ravageurs, l'irrigation et le travail de conservation du sol.

Tout comme l'augmentation de la demande de biocarburants entraîne des changements directs et indirects de l'affectation des sols, on peut aussi s'attendre à ce qu'elle déclenche des modifications des rendements, directement dans la production des matières premières pour les biocarburants et indirectement dans la production d'autres cultures – sous réserve que les investissements nécessaires soient réalisés pour améliorer les infrastructures, la technologie et l'accès à l'information, à la connaissance et aux marchés. Un

certain nombre d'études analytiques commencent à évaluer les changements d'affectation des terres qu'on peut attendre de l'augmentation de la demande de biocarburants, mais peu de données concrètes sont encore disponibles pour prédire la manière dont les rendements seront affectés – soit directement soit indirectement – et à quel rythme. Dans un exemple, les experts de l'éthanol au Brésil pensent que, même sans améliorations génétiques de la canne à sucre, les rendements pourraient augmenter d'environ 20 pour cent au cours des 10 prochaines années, grâce uniquement à une meilleure gestion de la chaîne de production (Squizato, 2008).

Une partie des cultures actuellement utilisées comme matières premières dans la production de biocarburants liquides exige des terres agricoles de grande qualité et des intrants importants en termes d'engrais,

de pesticides et d'eau pour obtenir des rendements économiquement viables. L'importance de la concurrence pour les ressources entre les cultures énergétiques et la production de produits alimentaires pour les humains et le bétail dépendra, entre autres, des progrès réalisés en ce qui concerne les rendements des cultures, l'efficacité des produits alimentaires pour le bétail et les techniques de conversion des biocarburants. Avec les technologies de la deuxième génération fondées sur les matières premières lignocellulosiques, cette compétition pourrait être réduite par les rendements plus élevés que permettraient d'obtenir l'utilisation de ces nouvelles technologies.

Comment la production de biocarburants affectera-t-elle l'eau, les sols et la biodiversité?

L'intensification des systèmes de production agricole pour les matières premières servant aux biocarburants et la conversion des terres arables existantes et nouvelles auront une incidence sur l'environnement, au-delà de leur impact sur les émissions de gaz à effet de serre. La nature et l'ampleur de cette incidence dépendent de facteurs tels que l'échelle de production, le type de matières premières, les méthodes de culture et de gestion des terres, la localisation et les voies de traitement en aval. Les données sur les impacts spécifiquement associés à la production intensifiée de biocarburants restent limitées, même si la plupart des problèmes sont similaires à ceux déjà liés à la production agricole – diminution des

ressources en eau et pollution, dégradation du sol, réduction des éléments nutritifs et perte de la biodiversité sauvage et agricole.

Impacts sur les ressources en eau

La rareté de l'eau, plus que celle des sols, pourrait être, dans de nombreux cas, le facteur principal de limitation de la production de matières premières pour les biocarburants. Environ 70 pour cent de l'eau douce prélevée à l'échelle mondiale sert à l'agriculture (Évaluation exhaustive de la gestion de l'eau dans l'agriculture, 2007). Les ressources en eau pour l'agriculture deviennent de plus en plus rares dans de nombreux pays, en raison de la concurrence accrue avec les utilisations domestiques ou industrielles. En outre, les incidences attendues du changement climatique en termes de réduction des précipitations et du ruissellement dans certaines grandes régions productrices (dont le Proche-Orient, l'Afrique du Nord et l'Asie du Sud) vont exercer une pression plus importante sur des ressources déjà rares.

Les biocarburants représentent actuellement environ 100 km³ (soit 1 pour cent) de toute l'eau transpirée par les cultures au niveau mondial et quelque 44 km³ (soit 2 pour cent) de tous les prélèvements d'eau d'irrigation (de Fraiture, Giordano et Yongsong, 2007). Un grand nombre des cultures actuellement utilisées pour produire des biocarburants – comme la canne à sucre, le palmier à huile et le maïs – ont des besoins en eau relativement élevés pour atteindre des rendements commerciaux (voir Tableau 10) et sont par conséquent plus adaptées à des zones tropicales à fortes pluies, sauf si ces cultures sont irriguées. (La

TABLEAU 10
Besoins en eau des cultures énergétiques

MATIÈRE PREMIÈRE	Rendement annuel possible en carburant (Litres/ha)	Rendement énergétique (GJ/ha)	Équivalent de l'évapotranspiration (Litres/litre de carburant)	Évapotranspiration potentielle de la culture (mm/ha)	Évapotranspiration des cultures pluviales (mm/ha)	Besoins en eau des cultures irriguées (mm/ha) ¹ (Litres/litre de carburant)	
Canne à sucre	6 000	120	2 000	1 400	1 000	800	1 333
Maïs	3 500	70	1 357	550	400	300	857
Palmier à huile	5 500	193	2 364	1 500	1 300	0	0
Colza	1 200	42	3 333	500	400	0	0

¹ Une efficacité d'irrigation de 50 pour cent étant supposée.

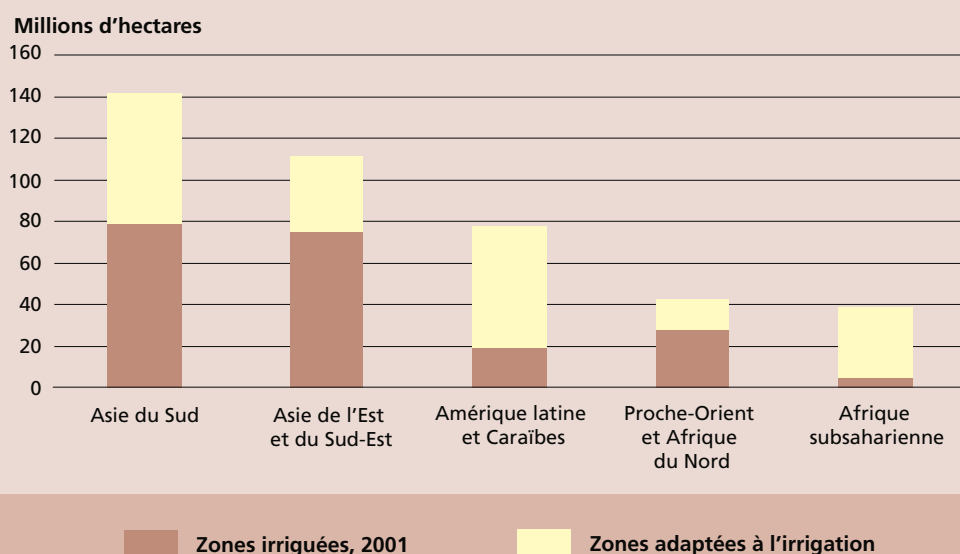
production en sec des matières premières pour les biocarburants est importante au Brésil, où 76 pour cent de la canne à sucre est produite sans irrigation et aux États-Unis d'Amérique, où 70 pour cent de la production de maïs n'est pas irriguée.) Même les plantes pérennes, comme le jatropha et la pongamia, qui peuvent être cultivées dans des zones semi-arides sur des terres marginales ou dégradées peuvent exiger un peu d'irrigation lors des étés secs et très chauds. En outre, le traitement des matières premières pour en faire des biocarburants peut utiliser de larges quantités d'eau, principalement pour le lavage des plantes et des semences et pour le refroidissement par évaporation. Cependant, c'est la production irriguée de ces matières premières clés pour les biocarburants qui aura le plus grand impact sur les bilans des ressources en eau locales. De nombreuses régions irriguées productrices de sucre dans le sud et l'est de l'Afrique et dans le nord-est du Brésil atteignent déjà les limites hydrologiques de leurs bassins fluviaux associés. Les bassins fluviaux de l'Awash, du Limpopo, du Maputo, du Nil et du São Francisco sont concernés.

Si le potentiel d'expansion des zones irriguées peut sembler dans certains cas

élevé sur la base des ressources en eau et des terres, la marge réelle d'augmentation de la production irriguée de biocarburants sur des terres existantes ou nouvellement irriguées est limitée par les besoins en infrastructures nécessaires pour garantir les livraisons d'eau et par les systèmes de propriété foncière qui peuvent ne pas être adaptés aux systèmes de production commerciale. De même, l'expansion peut être restreinte par des coûts marginaux plus élevés du stockage de l'eau (les sites les plus économiques ont déjà été utilisés) et de l'achat des terres. La Figure 26 montre que le potentiel de croissance pour le Proche-Orient et l'Afrique du Nord atteint ses limites. Si les ressources en eau restent abondantes dans le sud, l'est et le sud-est de l'Asie, les terres disponibles pour l'extension de l'agriculture irriguée sont très rares. La majeure partie de l'expansion est limitée à l'Amérique latine et à l'Afrique subsaharienne. Cependant, dans cette dernière région, il est prévu que les volumes actuellement bas des prélèvements d'eau pour l'irrigation n'augmenteront que lentement.

L'accroissement de la production de cultures pour les biocarburants affectera la qualité de l'eau comme sa quantité. La conversion de pâturages ou de forêts en

FIGURE 26
Potentiel d'extension des zones irriguées



Source: FAO.

champs de maïs, par exemple, peut exacerber les problèmes tels que l'érosion des sols, la sédimentation et le ruissellement des éléments nutritifs excédentaires (azote et phosphore) dans les eaux de surface et l'infiltration dans la nappe phréatique due à l'augmentation de l'apport d'engrais. L'excès d'azote dans le système du fleuve Mississippi est une des principales raisons de l'existence d'une «zone morte» totalement privée d'oxygène dans le Golfe du Mexique, où de nombreuses formes de vie marine ne peuvent plus survivre. Runge et Senauer (2007) estiment que, du fait que les rotations maïs-soja sont remplacées aux États-Unis d'Amérique par la culture en continu du maïs pour la production d'éthanol, des augmentations importantes de l'apport et du ruissellement d'engrais azotés vont aggraver ces problèmes.

La production de biodiesel et d'éthanol entraîne la contamination organique des eaux usées qui, si elles sont relâchées sans traitement, peuvent augmenter l'eutrophisation des organismes aquatiques de surface. Toutefois, les technologies actuelles de traitement des eaux usées peuvent régler efficacement le problème des polluants et des déchets aquatiques. Les systèmes de fermentation peuvent réduire la demande biologique en oxygène des eaux usées de plus de 90 pour cent, si bien que l'eau peut être réutilisée pour le traitement, et le méthane capturé dans le système de traitement et utilisé pour produire de l'électricité. En ce qui concerne la distribution et les phases de distribution et de stockage du cycle, les impacts négatifs potentiels sur les sols et les eaux venant des fuites et des débordements sont réduits par rapport à ceux des combustibles fossiles.

Au Brésil, où la canne à sucre pour l'éthanol est cultivée principalement sans irrigation, la disponibilité de l'eau n'est pas un problème, mais sa pollution associée à l'apport d'engrais et de produits agrochimiques, à l'érosion des sols, au lavage de la canne à sucre et à d'autres étapes du processus de production de l'éthanol est très préoccupante (Moreira, 2007). La majeure partie de la vinasse est utilisée pour l'irrigation et la fertilisation des plantations de canne à sucre, ce qui réduit à la fois la demande en eau et les risques d'eutrophisation.

Les pesticides et les autres produits agrochimiques peuvent se diluer dans les organismes aquatiques, ce qui est mauvais pour la qualité de l'eau. Le maïs, le soja et les autres matières premières des biocarburants ont des besoins en engrais et en pesticides très différents. Parmi les principales matières premières, le maïs a le plus fort taux d'apport en engrais comme en pesticides par hectare. Par unité d'énergie économisée, les biocarburants tirés du soja et d'autres biomasses des prairies à faibles intrants et très diversifiées ne demandent d'après les estimations qu'une fraction de l'azote, du phosphore et des pesticides exigés par le maïs, ce qui entraîne un plus faible impact sur la qualité de l'eau (Hill *et al.*, 2006; Tilman, Hill et Lehman, 2006).

Impacts sur les ressources en terres

Le changement d'affectation des terres et l'intensification de la production agricole sur les terres déjà cultivées peuvent avoir des effets négatifs importants sur les sols, mais ces effets – comme pour toute culture – dépendent essentiellement des techniques d'agriculture utilisées. Des méthodes de culture inadaptées peuvent réduire les matières organiques des sols et augmenter leur érosion en supprimant la couverture permanente du sol. La suppression des déchets végétaux peut réduire le contenu en éléments nutritifs des sols et accroître les émissions de gaz à effet de serre par des pertes de carbone dans le sol.

D'un autre côté, le travail de conservation du sol, les rotations des cultures et les autres pratiques d'amélioration de la gestion peuvent, dans les conditions adéquates, réduire les impacts négatifs ou même améliorer la qualité de l'environnement en liaison avec la production de matières premières pour les biocarburants. La culture de plantes pérennes comme la palme, les rotations courtes des taillis, la canne à sucre ou le panic érigé (*switchgrass*) au lieu des cultures annuelles peut améliorer la qualité des sols en accroissant la couverture du sol et la quantité de carbone organique. En combinaison avec l'absence de culture et la réduction de l'usage des engrais et des pesticides, on peut obtenir des effets positifs sur la biodiversité.

Toutes les matières premières n'ont pas les mêmes impacts sur les sols et ne demandent

pas les mêmes éléments nutritifs ni la même quantité de préparation du sol. L'AIE (2006, p. 393) remarque que l'impact de la canne à sucre sur les sols est en général moindre que celui du colza, du maïs et des autres céréales. La qualité des sols est maintenue par le recyclage des éléments nutritifs à partir des déchets des sucreries et des distilleries, mais l'utilisation d'une plus grande quantité de bagasse comme intrant énergétique pour la production d'éthanol réduirait le recyclage. Les systèmes de production extensifs exigent la réutilisation des résidus pour recycler les éléments nutritifs et maintenir la fertilité du sol; généralement, seuls 25 à 33 pour cent des résidus de récolte disponibles provenant des herbages ou du maïs peuvent être récoltés d'une manière durable (Doornbosch et Steenblik, 2007, p. 15, citation de Wilhelm *et al.*, 2007). En créant un marché des résidus agricoles, l'augmentation de la demande d'énergie pourrait, si elle n'est pas correctement gérée, détourner les déchets vers la production de biocarburants, ce qui pourrait avoir des effets négatifs sur la qualité des sols, en particulier sur leurs matières organiques (Fresco, 2007).

Hill *et al.* (2006) ont découvert qu'aux États-Unis d'Amérique, la production de soja pour le biodiesel requiert beaucoup moins d'engrais et de pesticides par unité d'énergie produit que le maïs. Toutefois, ils estiment que ces deux matières premières demandent plus d'intrants et des terres de meilleure qualité que ne le feraient les matières premières de la deuxième génération, comme le panic érigé, les plantes ligneuses ou divers mélanges d'herbes de prairie et de forbs (voir aussi Tilma, Hille et Lehman, 2006). Les plantes pérennes lignocellulosiques comme l'eucalyptus, le peuplier, le saule ou l'herbe demandent une gestion moins intensive et moins d'intrants en énergie fossile et peuvent aussi être cultivées sur des terres de qualité médiocre, le carbone du sol et la qualité des sols ayant tendance à augmenter au fil du temps (AIE, 2006).

Impacts sur la biodiversité

La production de biocarburants peut avoir quelques effets positifs sur la biodiversité des espèces sauvages et la biodiversité agricole, par exemple moyennant la restauration des terres dégradées, mais nombre de ses

impacts sont négatifs, comme c'est le cas lorsque les paysages naturels sont convertis en plantations de cultures énergétiques ou les marais drainés (CDB, 2008). En général, la biodiversité des espèces sauvages est menacée par la perte d'habitat lorsqu'une zone cultivée est étendue, alors que la biodiversité agricole est vulnérable dans le cas d'une monoculture à grande échelle, qui est fondée sur une réserve étroite de matériel génétique et peut aussi conduire à une réduction de l'utilisation des variétés traditionnelles.

Le premier pas vers la perte de biodiversité est la perte d'habitat à la suite de la conversion des terres pour la production de cultures, par exemple à partir de forêts ou d'herbages. Comme le note la CDB (2008), de nombreuses cultures actuellement destinées à la fabrication de biocarburants sont bien adaptées aux zones tropicales. Cela accroît les incitations économiques dans les pays qui possèdent un potentiel de production de biocarburants à convertir les écosystèmes naturels en plantations de matières premières (comme le palmier à huile), ce qui entraîne une perte de la diversité des espèces sauvages dans ces zones. Les plantations de palmiers à huile n'exigeant pas beaucoup d'engrais ou de pesticides, même sur les sols pauvres, leur expansion peut conduire à une perte de forêts pluviales. Même si une perte dans les habitats naturels due à la conversion des terres pour y pratiquer des cultures de matières premières pour les biocarburants a été signalée dans plusieurs pays (Curran *et al.*, 2004; Soyka, Palmer et Engel, 2007), on ne dispose toujours pas des données et des analyses nécessaires pour évaluer son ampleur et ses conséquences. Nelson et Robertson (2008) ont étudié la manière dont la hausse des prix des matières premières entraînée par l'augmentation de la demande de biocarburants pouvait induire un changement et une intensification de l'utilisation des terres au Brésil et ils ont découvert que l'expansion agricole occasionnée par la hausse des prix pouvait mettre en danger des zones présentant des espèces d'oiseaux très diversifiées.

La deuxième grande étape est la perte de biodiversité agricole, entraînée par l'intensification sur les terres arables, sous la forme d'uniformité génétique des cultures. La plupart des plantations de

matières premières pour les biocarburants sont basées sur une espèce unique. La faible diversité génétique des graminées utilisées comme matières premières, comme la canne à sucre, est aussi préoccupante (The Royal Society, 2008), car elle augmente la vulnérabilité de ces cultures à des maladies et des organismes nuisibles nouveaux. À l'inverse, c'est le contraire qui se passe pour une culture comme le jatropha, dont la diversité génétique est extrêmement élevée, tout en n'ayant pas encore été prouvée pour sa plus grande part, ce qui entraîne l'existence d'une large gamme de caractéristiques génétiques qui diminue sa valeur commerciale (FIDA/FAO/Fondation pour les Nations Unies, 2008).

En ce qui concerne les matières premières de la deuxième génération, une partie des espèces promues sont classées comme espèces envahissantes, ce qui donne lieu à de nouvelles préoccupations quant à la manière de les gérer et d'éviter des conséquences involontaires. En outre, la plupart des enzymes nécessaires à leur conversion sont génétiquement modifiées pour accroître leur efficacité et devraient être gérées avec prudence dans des processus de production industriels fermés (FCP, 2007).

Des effets positifs sur la biodiversité ont été notés dans les zones dégradées ou marginales, où ont été introduites des combinaisons d'espèces pérennes afin de restaurer le fonctionnement de l'écosystème et d'accroître la biodiversité (CDB, 2008). Des données expérimentales recueillies sur des parcelles tests de sols dégradés et abandonnés (Tilman, Hill et Lehman, 2006) montrent que les combinaisons à faibles intrants et à haute diversité de graminées pérennes natives – qui offrent une large gamme de services pour l'écosystème, dont un habitat d'espèces sauvages, la filtration de l'eau et la fixation du carbone – produisent aussi des économies nettes d'énergie plus élevées (mesurée par l'énergie relâchée lors de la combustion), de plus fortes réductions des émissions de gaz à effet de serre et une moindre pollution agrochimique que l'éthanol de maïs ou le biodiesel de soja et que les performances augmentent avec le nombre d'espèces. Les auteurs de cette étude ont aussi découvert que le panic érigé peut être très productif sur les sols fertiles, en particulier lorsque des engrais et

des pesticides sont appliqués, mais que ses performances sur les sols médiocres n'égalent pas celles de diverses plantes pérennes natives.

■ **Peut-on produire des biocarburants dans des zones marginales?**

Les zones marginales ou dégradées se caractérisent souvent par le manque d'eau, qui limite à la fois la croissance des plantes et la disponibilité des éléments nutritifs, et par la faible fertilité du sol et des températures élevées. Les problèmes couramment rencontrés dans ces zones sont la dégradation de la végétation, l'érosion hydraulique et éolienne, la salinisation, le compactage et l'encroûtement du sol et la diminution des éléments fertilisants. La pollution, l'acidification, l'alcalinisation et l'engorgement peuvent aussi se rencontrer dans certains endroits.

Des cultures pour biocarburants qui peuvent tolérer des conditions environnementales que les cultures vivrières pourraient ne pas supporter peuvent offrir l'occasion de donner une utilisation productive à des terres dont les avantages économiques sont actuellement faibles. Des cultures comme le manioc, le ricin, le sorgho à sucre, le jatropha et la pongamia sont des candidats potentiels, comme les cultures arboricoles qui tolèrent un climat sec, telles que l'eucalyptus. Il faut toutefois noter que les terres marginales fournissent souvent des moyens de subsistance aux ruraux pauvres, dont de nombreuses activités agricoles réalisées par les femmes. La question de savoir si les pauvres vont profiter ou souffrir de l'introduction de la production de biocarburants sur les terres marginales dépend essentiellement de la nature et de la sécurité de leurs droits fonciers.

Il n'est pas inhabituel d'entendre affirmer que des étendues importantes de terres marginales existent et pourraient être consacrées à la production de biocarburants, réduisant ainsi le conflit avec les cultures vivrières et offrant une nouvelle source de revenus aux agriculteurs démunis. Même si ces terres seraient moins productives et sujettes à des risques plus élevés, leur utilisation pour des plantations bioénergétiques pourrait avoir des avantages

ENCADRÉ 11

Jatropha – une plante «miracle»?

Plante énergétique, *Jatropha curcas* (L.) (jatropha) fait beaucoup parler d'elle dans les médias. Il s'agit d'une plante résistante à la sécheresse qui croît sur des terres appauvries et se contente de 300 à 1 000 mm de pluies par an. Elle s'adapte facilement au milieu ambiant, peut contribuer à la remise en valeur de terres érodées et sa croissance est rapide. Ces caractéristiques intéressent de nombreux pays en développement qui, concernés par la diminution de la couverture végétale et de la fertilité des sols, recherchent des plantes énergétiques qui ne concurrencent pas forcément les plantes vivrières. Par ailleurs, cet arbuste produit des semences de deux à cinq ans après sa plantation. Les graines contiennent 30 pour cent d'huile, une huile déjà utilisée pour fabriquer du savon, des bougies et dont les propriétés médicales sont proches de celles de l'huile de ricin. L'huile de jatropha sert également à la cuisine et à la production d'électricité. Provenant de l'Amérique latine, du Nord et centrale, le jatropha compte trois variétés originaires du Nicaragua, du Mexique (caractérisée par sa toxicité plus faible ou inexistante) et du Cap-Vert. La troisième de ces variétés s'est établie au Cap-Vert avant de se propager dans certaines régions d'Afrique et d'Asie. Au Cap-Vert, cette plante a été cultivée à grande échelle afin d'être exportée au Portugal pour l'extraction d'huile et la fabrication de savon. À son point culminant, en 1910, les exportations de jatropha dépassaient les 5 600 tonnes (Heller, 1996).

L'intérêt pour le jatropha et ses atouts se sont traduits par la mise en œuvre de nombreux projets de production à grande échelle de biodiesel et d'huile et le développement de petites exploitations rurales. Les investisseurs nationaux et internationaux se pressent pour acquérir des terres afin de cultiver cette plante à grande échelle dans les pays suivants: Belize, Brésil, Chine, Éthiopie, Gambie, Honduras, Inde, Indonésie, Mozambique, Myanmar, Philippines, République-Unie de Tanzanie et Sénégal. Le projet le plus ambitieux est celui du Gouvernement indien. Baptisé «Mission nationale», il a pour but de cultiver 400 000 ha de jatropha de 2003 à 2007 (Gonsalves, 2006). D'ici 2011-12, l'objectif est de remplacer 20 pour cent de la consommation de diesel par du biodiesel à base de jatropha. Les cultures, qui occuperaient près de 10 millions d'hectares de terres stériles, procureraient un emploi à cinq millions de personnes (Gonsalves, 2006; Francis, Edinger et Becker, 2005). Ce projet est peut-être trop ambitieux. En effet, selon Euler et Gorriz (2004), seule une partie des 400 000 ha affectés au jatropha par le Gouvernement indien est actuellement cultivée.

Le jatropha est aussi très répandu en Afrique, souvent sous forme de haies qui séparent les propriétés dans les villes et les villages. Le Mali compte des milliers de kilomètres de haies de jatropha. Elles protègent les jardins du bétail et contribuent à réduire les effets nocifs de l'érosion due au vent et à l'eau. La graine

secondaires, comme la restauration de la végétation dégradée, la capture du carbone et des effets bénéfiques sur l'environnement. Cependant, dans la plupart des pays, on a peu de renseignements sur la capacité de ces terres à servir à une production durable de biocarburants.

La pratique d'une culture, quelle qu'elle soit, sur des terres marginales avec de faibles quantités d'eau et d'apports en éléments

nutritifs aboutira à des rendements moins élevés. Le jatropha résistant à la sécheresse et le sorgho à sucre ne font pas exception à la règle. Pour obtenir des rendements commercialement acceptables, les plantes et espèces arboricoles ne peuvent pas être sollicitées au-delà de certaines limites; en fait, elles tireront davantage d'apports supplémentaires modestes. Ainsi, alors que des cultures améliorées peuvent offrir un

est déjà utilisée dans la fabrication du savon et à des fins médicinales, et l'huile de jatropha est aussi recommandée par une organisation non gouvernementale pour alimenter en énergie des plates-formes multifonctionnelles au moyen d'un moteur diesel à vitesse lente contenant une presse à huile, un générateur, un petit chargeur de batteries et un moulin de broyage (PNUD, 2004). Des petits projets pilotes d'électrification promouvant l'utilisation du jatropha sont mis en œuvre dans des zones rurales en République-Unie de Tanzanie et dans d'autres pays africains.

Malgré des investissements et des projets considérables exécutés dans de nombreux pays, il n'existe aucune publication de données scientifiques sur l'agronomie du jatropha et peu d'études sur le lien entre les rendements et des variables comme le sol, le climat, la gestion des cultures et le matériel génétique sur lesquelles fonder des décisions d'investissement. Les données existantes font état de rendements très divers qui ne peuvent pas être associés à des paramètres pertinents comme la fertilité du sol et la disponibilité de l'eau (Jongschaap *et al.*, 2007). Dans les années 90, des projets de plantations de jatropha comme le projet «Tempate» au Nicaragua, exécuté de 1991 à 1999, se sont soldés par des échecs (Euler et Gorriz, 2004).

Il semble en effet que les nombreuses qualités dont est parée cette plante n'aient pas été véritablement démontrées dans des projets de longue durée. Selon Jongschaap *et al.* (2007), la culture du

jatropha peut, à petite échelle, contribuer à la conservation des terres et des eaux, à la remise en valeur des terres, à la lutte contre l'érosion, voire servir à des fins diverses: haies vives, bois de feu, engrais vert, combustible d'éclairage, production locale de savon, insecticides et applications médicinales. Les auteurs concluent cependant qu'il n'existe pas de preuves scientifiques montrant que l'on peut simultanément obtenir des rendements en huile élevés et une faible consommation de nutriments (fertilité du sol), d'eau, de main-d'œuvre, une moindre concurrence avec des plantes vivrières et une résistance accrue aux organismes nuisibles et aux maladies. Les lacunes les plus criantes à cet égard sont le manque de variétés améliorées et de semences disponibles. Le jatropha n'a pas encore prouvé qu'il était une plante de culture dont les performances sont fiables.

Il y a tout lieu de penser que l'engouement pour le jatropha repose sur des données irréalistes et qu'il se soldera par de lourdes pertes financières et une perte de confiance des communautés locales, un thème récurrent dans de nombreux pays africains. Les incertitudes qui pèsent sur la production et la commercialisation du jatropha devront être levées si l'on veut maintenir durablement les plantations. Il conviendrait d'étudier la pertinence du matériel génétique ainsi que les rendements dans diverses conditions, et de mettre en place des marchés pour que le développement durable de cette plante soit assuré.

certain potentiel à long terme, des éléments nutritifs, de l'eau et des moyens de gestion en suffisance restent nécessaires pour assurer des rendements économiquement significatifs, ce qui implique que même les cultures de pleine terre pratiquées sur des terres marginales continueront à concurrencer les cultures vivrières pour les ressources telles que les éléments nutritifs et l'eau.

De nombreuses études confirment que la valeur des rendements économiques plus élevés obtenus sur des bonnes terres agricoles compense en général tous les coûts supplémentaires. Il est donc fort probable que la demande soutenue de biocarburants intensifiera la pression sur les bonnes terres, qui permettent de réaliser de meilleurs rendements (Azar et Larson, 2000).

Assurer une production de biocarburants durable sur le plan environnemental

Bonnes pratiques

Les bonnes pratiques visent à utiliser les connaissances disponibles pour aborder la dimension de développement durable de la production, de la récolte et du traitement sur l'exploitation des matières premières pour les biocarburants. Cet objectif s'applique aux problèmes de gestion des ressources naturelles tels que les terres, le sol, l'eau et la biodiversité ainsi qu'à l'analyse du cycle de vie utilisée pour estimer les émissions de gaz à effet de serre et déterminer si tel ou tel biocarburant est plus adapté au changement climatique qu'un combustible fossile. En pratique, la protection des sols, de l'eau et des cultures, la gestion de l'énergie et de l'eau, la gestion des éléments nutritifs et des produits agrochimiques, la préservation de la biodiversité et des paysages, la récolte, le traitement et la distribution sont autant de domaines où de bonnes pratiques sont nécessaires pour aborder le développement durable de la bioénergie.

L'agriculture de conservation est une pratique qui a pour objet d'obtenir une agriculture durable et rentable pour les agriculteurs et les habitants des campagnes en bouleversant au minimum le sol et en assurant une couverture organique permanente du sol et des rotations de cultures diversifiées. Dans le cadre de l'accent actuellement mis sur le stockage du carbone et les technologies qui réduisent l'intensité énergétique, cette méthode semble particulièrement adaptée. Elle semble aussi répondre à des situations où les labours sont rares et où il faut préserver l'humidité et la fertilité des sols. Des interventions comme le travail mécanique des sols sont réduites au minimum et des intrants comme les produits agrochimiques et les éléments nutritifs d'origine minérale ou organique sont appliqués au niveau optimal et en quantité qui ne mettent pas en danger les processus biologiques. L'agriculture de conservation s'est révélée efficace dans une large gamme de zones agroécologiques et de systèmes d'exploitation.

De bonnes pratiques agricoles combinées à de bonnes pratiques forestières pourraient sensiblement réduire les effets négatifs sur l'environnement liés à la promotion possible d'une intensification durable aux limites des forêts. Des méthodes basées sur l'intégration de l'agriculture, de la sylviculture, des pâturages et de l'élevage du bétail pourraient aussi être envisagées lorsque les cultures bioénergétiques font partie de la combinaison.

Normes, critères de durabilité et conformité

Bien que les impacts multiples et divers sur l'environnement du développement de la bioénergie ne diffèrent pas sensiblement de ceux des autres formes d'agriculture, il faut encore étudier la manière dont ils peuvent être au mieux évalués et reflétés dans les activités de terrain. Les techniques existantes d'évaluation de l'impact sur l'environnement et les évaluations stratégiques environnementales constituent un bon point de départ pour analyser les facteurs biophysiques. En outre, de nombreuses connaissances techniques ont été tirées du développement de l'agriculture au cours des 60 dernières années. Les nouvelles contributions du secteur de la bioénergie comprennent un cadre analytique pour la bioénergie et la sécurité alimentaire et pour l'analyse d'impact de la bioénergie (FAO, à paraître (a) et (b)); des travaux sur l'impact global sur l'environnement, y compris l'acidification des sols, l'utilisation excessive des engrais, la perte de biodiversité, la pollution atmosphérique et la toxicité des pesticides (Zahi *et al.*, 2007); et des études sur les critères de durabilité sociale et environnementale, y compris les limites de la déforestation, la concurrence avec la production vivrière, les impacts négatifs sur la biodiversité, l'érosion des sols et le lessivage des éléments nutritifs (Faaij, 2007).

Le secteur des biocarburants se caractérise par un large éventail d'acteurs aux intérêts divers. Cette configuration, combinée à l'évolution rapide du secteur, a conduit à une prolifération d'initiatives destinées à assurer un développement durable de la bioénergie. Actuellement, de nombreux organismes publics et privés envisagent la mise au point

de principes, de critères et d'exigences, assortis de mécanismes de conformité permettant d'évaluer les performances et de guider le développement du secteur. La cellule d'intervention du Partenariat mondial sur les bioénergies travaillant sur les méthodologies relatives aux gaz à effet de serre et sur la durabilité et la Table ronde sur les biocarburants durables sont parmi eux, au même titre que de nombreuses autres initiatives publiques, privées et sans but lucratif. Cette diversité suggère qu'un processus d'harmonisation des diverses approches pourrait être utile, en particulier du fait des obligations et objectifs politiques qui servent à stimuler encore davantage la production de biocarburants.

Les critères sont en majorité mis au point dans les pays industrialisés et visent à garantir que les biocarburants sont produits, distribués et utilisés d'une manière durable sur le plan de l'environnement, avant d'être commercialisés sur les marchés internationaux. La Commission européenne, par exemple, a déjà proposé des critères qu'elle considère comme compatibles avec les règles de l'OMC (communication personnelle, E. Deurwaarder, Commission européenne, 2008). Jusqu'à présent toutefois, aucun n'a encore été testé, notamment en liaison avec les dispositifs publics de soutien comme les subventions ou dans le cadre des traitements préférentiels du commerce international (Doornbosch et Steenblik, 2007; CNUCED, 2008).

Le terme de «normes» implique des systèmes rigoureux de mesure des paramètres par rapport à des critères définis, au titre desquels la non-conformité empêcherait un pays d'exporter son produit. Ces systèmes établis par des accords internationaux existent déjà pour un certain nombre de domaines relevant de la sécurité alimentaire, de la chimie et de la santé publique. Le secteur des biocarburants est-il suffisamment développé pour qu'on établisse un tel système et les risques sont-ils suffisamment grands pour que son absence fasse peser des menaces importantes et irréversibles sur la santé publique ou l'environnement? Les biocarburants doivent-ils être traités plus sévèrement que les autres produits agricoles de base?

D'une part, étant donné qu'il est impossible de distinguer la plupart des impacts des biocarburants sur l'environnement de ceux provenant de l'augmentation de la production agricole en général, on peut estimer que les mêmes normes doivent être appliquées partout. En outre, le fait de restreindre les changements d'affectation des terres pourrait empêcher les pays en développement de bénéficier des opportunités offertes par la demande accrue de produits agricoles de base. D'autre part, les producteurs agricoles et les décideurs devraient tirer des leçons fortes des erreurs commises par le passé et éviter les impacts négatifs sur l'environnement qui avaient accompagné la conversion des terres agricoles et l'intensification des cultures.

Pour résoudre ce dilemme, il faudra instaurer un dialogue et des négociations prudentes entre les différents pays, si l'on veut à la fois obtenir la croissance de la productivité agricole et la durabilité environnementale. On pourrait commencer par établir pour la production durable de biocarburants de bonnes pratiques, qui pourraient ensuite aider à transformer les pratiques d'exploitation pour les cultures non destinées aux biocarburants. À plus long terme, et en liaison avec des mesures de renforcement des capacités pour les pays qui en ont besoin, des normes et des systèmes de certification plus sévères pourraient être mis au point.

Une possibilité à explorer serait de payer les services environnementaux fournis en liaison avec la production de biocarburants. La rémunération des services environnementaux a été examinée en détail dans l'édition 2007 de *La situation mondiale de l'alimentation et de l'agriculture*. Ce mécanisme rémunérerait les agriculteurs qui fournissent des services environnementaux spécifiques en appliquant des méthodes de production plus durables pour l'environnement. Les paiements pourraient être liés à la conformité à des normes et des programmes de certification ayant fait l'objet d'un accord à l'échelle internationale. Les mécanismes de paiement pour les services environnementaux, s'ils sont difficiles et compliqués à mettre en œuvre, pourraient constituer un outil de plus pour garantir que les biocarburants sont produits dans des conditions durables.

Messages clés du chapitre

- Les biocarburants ne sont qu'un des éléments d'une série de moyens pour réduire les émissions de gaz à effet de serre. Selon les objectifs politiques fixés, d'autres options peuvent se révéler plus efficaces par rapport aux coûts, dont différentes formes d'énergie renouvelable, une meilleure efficacité et conservation de l'énergie et la réduction des émissions provenant de la déforestation et de la dégradation des sols.
- Étant donné que les impacts de la production accrue de biocarburants sur les émissions de gaz à effet de serre, les sols, l'eau et la biodiversité varient sensiblement selon les pays, les biocarburants eux-mêmes, les matières premières et les méthodes de production, il faut absolument mettre immédiatement au point des approches harmonisées de l'analyse du cycle de vie, des bilans des gaz à effet de serre et des critères de durabilité.
- Les bilans des émissions de gaz à effet de serre ne sont pas positifs pour toutes les matières premières. Afin de répondre au changement climatique, les investissements doivent être dirigés vers les cultures qui ont les bilans d'émission de gaz à effet de serre positifs les plus élevés, assortis des coûts sociaux et environnementaux les plus bas.
- Des impacts sur l'environnement peuvent être générés à tous les stades de la production de matières premières pour les biocarburants, mais les processus liés au changement et à l'intensification de l'utilisation des sols tendent à occuper la première place. Au cours de la prochaine décennie, une croissance rapide de la demande de biocarburants due aux politiques mises en place devrait accélérer la conversion de terres non agricoles à la production de cultures. Ce phénomène interviendra directement pour la production de matières premières pour les biocarburants et indirectement pour les autres cultures remplacées par des cultures existantes.
- Des rendements améliorés et une utilisation prudente des intrants seront essentiels pour atténuer la pression sur l'utilisation des sols exercée par les cultures vivrières comme par les cultures énergétiques. Il faudra réaliser des recherches ciblées, investir dans les technologies et renforcer les institutions et les infrastructures.
- Les impacts sur l'environnement varient sensiblement selon les matières premières, les méthodes de production et la situation géographique et dépendent fortement de la manière dont le changement d'affectation des terres est géré. Le remplacement de cultures annuelles par des matières premières pérennes (comme l'huile de palme, le jatropha ou les herbes pérennes) peut améliorer les bilans en carbone des sols, mais la conversion de forêts tropicales à la production de cultures, quelles qu'elles soient, peut relâcher des quantités de gaz à effet de serre bien supérieures aux économies annuelles que permettraient de réaliser les biocarburants.
- La disponibilité des ressources en eau, plafonnée par des facteurs techniques et institutionnels, limitera le volume de la production de matières premières pour les biocarburants dans des pays qui auraient eu sans cela un avantage comparatif à pratiquer cette production.
- Les approches réglementaires des normes et des certifications ne constituent pas forcément la première ou la meilleure manière d'obtenir une participation large et équitable à la production de biocarburants. Les systèmes qui intègrent les bonnes pratiques et le renforcement des capacités peuvent donner à court terme de meilleurs résultats et assurer la flexibilité nécessaire pour l'adaptation à l'évolution des circonstances. Le paiement des services environnementaux peut aussi être un des moyens d'encourager la conformité à des méthodes de production durables.
- Les matières premières pour les biocarburants et les autres cultures vivrières et agricoles devraient être traitées de la même manière. Les inquiétudes quant à l'environnement pour la production de matières premières destinées aux biocarburants

sont les mêmes que pour l'impact de l'accroissement de la production agricole en général; des mesures visant à assurer la durabilité doivent donc être appliquées de façon cohérente à toutes les cultures.

- De bonnes pratiques agricoles, telles que l'agriculture de conservation, peuvent réduire l'empreinte carbone et les effets négatifs pour l'environnement de la production de biocarburants – de la même façon qu'elles le font pour la production agricole extensive en général. Les cultures pérennes de

matières premières, comme les herbes ou les arbres, peuvent diversifier les systèmes de production et contribuer à amender les terres marginales ou dégradées.

- Les politiques nationales doivent devenir plus conscientes des conséquences internationales du développement des biocarburants. Le dialogue international, souvent mené dans le cadre de mécanismes existant déjà, peut aider à élaborer des obligations et des objectifs réalistes et réalisables en matière de biocarburants.