



Vers la production et l'utilisation durables des ressources :



# EVALUATION DES BIO- CARBURANTS



# Remerciements

Les auteurs principaux de ce report sont :

Stefan Bringezu  
Helmut Schütz  
Meghan O'Brien  
Lea Kauppi  
Robert W. Howarth  
Jeff McNeely

Martina Otto, PNUE, a coordonné la préparation de ce rapport et contribué à son élaboration à travers ses commentaires et apports.

Merci à Ernst Ulrich von Weizsäcker, Yvan Hardy, Mercedes Bustamante, Sanit Aksornkoe, Anna Bella, Siriban-Manalang, Jacqueline McGlade et Sangwon Suh pour leurs importantes contributions, et aux membres du Ressource Panel et du Comité de Pilotage pour leurs fructueuses discussions. D'autres commentaires d'une nature technique ont été envoyés par les gouvernements participants au Comité de Pilotage.

Les participants de l'Atelier sur l'Evaluation Rapide des Biocarburants (SCOPE), qui s'est tenu à Gummersbach en Allemagne en Septembre 2008, qui ont participé à travers leurs papiers et discussions à des parties essentielles de ce rapport, sont tout particulièrement remerciés. Il en va de même pour les collègues de l'Institut Wuppertal, notamment Manfred Fishedick et Justus von Geibler, Sören Steger pour la reprise de l'analyse des corrélations, et Martin Erren pour son assistance technique. Nous remercions également Punjanit Leagnarav du PNUE pour son aide lors de la finalisation et de la mise en page du rapport.

Des commentaires utiles ont été reçus de la part de quatre experts anonymes dans un processus de revue par les pairs coordonné de manière efficace et constructive par Marina Fischer-Kowalski et le Secrétariat du PNUE.

La préparation de ce rapport a également bénéficié des échanges et réunions avec nombre de collègues, bien que les auteurs doivent être tenus pour seuls responsables des erreurs comprises dans ce rapport.

Concept créatif: Martina Otto (UNEP); photos: istock (couverture, p. 10, p. 12), CleanStar India (couverture), Shutterstock (couverture, p. 6, p. 18, p. 24, p. 29), Still Pictures (p. 1, p. 4, p.9, p. 14, p. 20, p. 30, p.33, p. 35), UNEP (couverture)

Copyright © Programme des Nations Unies pour l'environnement, 2009

A condition d'en mentionner la source, la présente publication peut être reproduite intégralement ou en partie sous quelque forme que ce soit à des fins pédagogiques ou non lucratives sans autorisation spéciale du détenteur du copyright. Le Programme des Nations Unies pour l'environnement souhaiterait recevoir un exemplaire de toute publication produite à partir des informations contenues dans le présent document.

L'usage de la présente publication pour la vente ou toute autre initiative commerciale quelle qu'elle soit est interdite sans l'autorisation préalable écrite du Programme des Nations Unies pour l'environnement.

## Avertissement

Les termes utilisés et la présentation du matériel contenu dans la présente publication ne sont en aucune façon l'expression d'une opinion quelconque par le Programme des Nations Unies pour l'environnement à propos de la situation légale d'un pays, d'un territoire, d'une ville ou de son administration ou de la délimitation de ses frontières ou de ses limites. De plus, les opinions exprimées ne représentent pas nécessairement la décision ou la politique officielle du Programme des Nations Unies pour l'environnement, de même que la mention de marques ou de méthodes commerciales ne constitue une recommandation.

ISBN du rapport complet: 978-92-807-3052-4  
Numéro de travail: DT/1213/PA

Le PNUE favorise les pratiques environnementales au niveau global et dans ses propres activités. Cette publication n'est disponible qu'en version électronique. Notre politique de distribution vise à réduire l'empreinte carbone du PNUE.



Panel international d'experts sur la gestion durable des ressources

Ceci est une synthèse du rapport  
Vers la production et l'utilisation durables des ressources :

# EVALUATION DES BIOCARBURANTS



établi par le  
Panel international d'experts sur la gestion durable des ressources.

Le présent document fait ressortir les conclusions clés du rapport et doit se lire en association avec le rapport complet. Les références aux recherches et comptes-rendus sur lesquels se fonde ce rapport, sont répertoriées dans le rapport complet.

Vous pouvez télécharger le rapport complet sur [www.unep.fr](http://www.unep.fr)  
ou le commander au format CD Rom auprès de :

Programme des Nations Unies pour l'Environnement  
Division Technologie, Industrie et Économie  
15 rue de Milan, 75441 Paris CEDEX 09, France

# Préface

Les biocarburants attirent de plus en plus l'attention du monde politique, de l'industrie et de la recherche. Le nombre de publications scientifiques consacrées aux biocarburants croît de façon exponentielle, et le nombre de comptes-rendus sur le sujet augmente rapidement. Pour les décideurs, il est devenu difficile de trouver des références solides et des indications fiables. L'incertitude quant à leur évaluation générale a augmenté avec la découverte des risques et avantages potentiellement associés aux biocarburants.

Le Panel International d'Experts pour la Gestion Durable des Ressources relève le défi et, dans son premier rapport, fournit un autre compte-rendu sur ce domaine largement débattu. Il le fait avec la conviction qu'un progrès substantiel nécessite une approche avancée, qui aille au-delà de la production et de l'utilisation des biocarburants, et qui prenne en considération toutes les applications de la biomasse en concurrence, notamment les aliments, fibres et carburants. Le Panel adopte une perspective de système élargie, avec une attention particulière sur les impacts potentiels liés au changement d'affectation des sols, en fonction des types de biocarburants utilisés et de l'augmentation de la demande.

Ce rapport est le résultat d'un processus d'examen approfondi, sur la base de recherches contenues dans des publications récentes (principalement avant fin 2008, mais en prenant aussi en considération des articles éminents publiés avant juin 2009), et grâce à l'implication de nombreux experts dans le monde entier. En particulier, le contenu du rapport a substantiellement bénéficié des échanges avec l'atelier d'évaluation rapide, qui a été tenu en septembre 2008 en Allemagne par le projet international sur les biocarburants SCOPE, puis de la publication de ses débats, qui a impliqué environ 75 scientifiques de tous les continents et reflété une large gamme de points de vue différents concernant l'analyse et l'évaluation des biocarburants.

La préparation de ce rapport a été guidée par le groupe de travail Biocarburants du Panel pour la Gestion Durable des Ressources. Un avant-projet a été préparé, pour être débattu lors de la réunion de Santa Barbara

en novembre 2008. Sur la base des discussions et commentaires qui ont suivi dans le Panel, ainsi que dans le comité de pilotage, le texte a été mis en forme par l'équipe d'auteurs, pour aboutir au premier jet. Ce dernier a été soumis au Panel pour approbation en mars 2009, afin de passer ensuite au processus de révision. Les commentaires de quatre réviseurs ont été transmis aux auteurs par le coordinateur de la revue par les pairs en avril et ont été pris comme base de révision pour établir le deuxième jet. Ce dernier a été discuté et approuvé par le Panel pour la Gestion Durable des Ressources et le comité de pilotage à Paris en juin 2009, puis finalisé pour publication en prenant en compte les derniers commentaires du comité de pilotage et des experts impliqués.

Le rapport est destiné à fournir des informations pertinentes d'un point de vue des politiques d'accompagnement, pour évaluer les coûts et avantages environnementaux et sociaux des biocarburants. Il examine à la fois les problèmes critiques liés au développement des biocarburants et décrit les options pour une utilisation plus durable de la biomasse, et les mesures pour augmenter la productivité des ressources. Il se concentre sur les biocarburants de première génération, reflétant ainsi l'état de la question et la fiabilité des données. Néanmoins, ce rapport met le développement technologique et politique en perspective. Il relève certaines incertitudes et traite des besoins en recherche et développement, également en termes de biocarburants avancés. Ce faisant, il ne fournit aucune conclusion définitive mais une synthèse du savoir actuel, pour faciliter la prise de décision et soutenir les futurs travaux scientifiques tournés vers une «bioéconomie» durable.

## **Prof. Ernst U. von Weizsäcker**

Vice-Président du Panel international d'experts sur la gestion durable des ressources

## **Dr. Stefan Bringezu**

Président du groupe de travail Biocarburants

# Préface

Les biocarburants sont un sujet qui a suscité des points de vue fortement polarisés parmi les décideurs politiques et le grand public.

Certains les présentent comme une panacée représentant une technologie centrale dans la lutte contre le changement climatique.

D'autres les critiquent comme étant une diversion par rapport aux actions radicales et nécessaires d'atténuation de l'impact sur le climat, ou comme étant une menace pour la sécurité alimentaire, et ainsi un vrai défi pour la réalisation des objectifs du millénaire pour le développement, concernant la pauvreté.

Ce premier rapport du Panel International d'Experts pour la Gestion Durable des Ressources, qui est fondé sur l'état actuel de la science, aborde ces questions selon une approche cycle de vie des biocarburants. Il met en évidence le fait que des facteurs plus larges et liés entre eux doivent être pris en considération, pour décider des mérites relatifs à développer un biocarburant plutôt qu'un autre.

Quelles sont les contributions probables au changement climatique des différentes cultures, et les impacts des diverses options disponibles sur l'agriculture et les terres agricoles, en passant par l'eau douce et la biodiversité ?

Le rapport souligne également le rôle des biocarburants au sein de l'ordre du jour plus large qu'est le changement climatique, y compris les options pour réduire les émissions de gaz à effet de serre du secteur des transports, par des moyens autres que les biocarburants - les normes d'efficacité des carburants pour les véhicules, et le développement de voitures hybrides et électriques, en sont un bon exemple.

Dans le même temps, l'étude souligne certaines options pour la production d'énergie à partir de la biomasse, dans des centrales électriques dédiées et des installations de cogénération, comme approches alternatives à la transformation des cultures ou des déchets agricoles en carburants liquides.

Surtout, le rapport souligne la complexité du sujet, et indique que des approches simplistes ont peu de chances de faire naître une industrie des biocarburants ni durable, ni capable de contribuer au défi du changement climatique et à l'amélioration du niveau de vie des agriculteurs.

Bien que cette évaluation ne soit pas normative, son analyse empirique et scientifique des différentes options de biocarburants fournit un certain nombre de points de référence clairs pour le futur développement du secteur.

Abattre des forêts tropicales pour produire du biodiesel, en particulier celles situées sur des tourbières, entraîne beaucoup plus d'émissions de carbone que celles économisées en substituant des biocarburants aux carburants fossiles dans les véhicules.

Le Panel, présidé par le Professeur Ernst von Weizsäcker, s'est concentré sur la génération actuelle de biocarburants et n'a considéré que partiellement l'avenir. Les chercheurs étudient déjà des biocarburants avancés, issus de sources telles que les algues ou les enzymes naturels utilisés par les termites pour transformer le bois en sucres. Ces biocarburants de deuxième ou troisième génération nécessiteront leur propre évaluation de cycle de vie.

Je crois que cette étude des biocarburants contemporains et les options qu'elle dépeint constitueront une contribution importante aux débats et options politiques que les gouvernements voudront poursuivre.

Elle a cherché à répondre à un certain nombre de questions essentielles sur les biocarburants, tout en pointant du doigt des priorités supplémentaires d'évaluation et de recherche, qui doivent maintenant être traitées.

## Achim Steiner

Sous-secrétaire général de l'ONU et Directeur exécutif du Programme des Nations Unies pour l'Environnement (PNUE)



# Objectif et portée



# à propos

du Panel international d'experts sur la gestion durable des ressources et l'objectif et portée du rapport.

Aider à mieux comprendre comment découpler la croissance économique, de la dégradation de l'environnement.

Fournir un aperçu des problèmes et perspectives clés pour la production et l'utilisation durables de la biomasse, à des fins énergétiques.

## Le Panel international d'experts sur la gestion durable des ressources

Le Panel International d'Experts pour la Gestion Durable des Ressources a été mis en place pour fournir des évaluations scientifiques indépendantes, cohérentes et qui fassent autorité, concernant l'utilisation durable des ressources naturelles, et en particulier leurs impacts environnementaux sur toute leur durée de vie. Il a pour objectif de contribuer à une meilleure compréhension de comment découpler la croissance économique de la dégradation de l'environnement.

Le rapport «Vers une production et une utilisation durables des ressources : évaluation des biocarburants», fait partie d'une série de rapports sur différents sujets.

### Objectif et portée du rapport

Ce rapport est fondé sur une étude extensive de publications, prenant en compte des études récentes majeures, et tenant compte d'une large gamme de points de vue différents d'experts reconnus dans le monde entier.

Il fournit un aperçu des problèmes et des perspectives clés liés à la production et l'utilisation durables de la biomasse, à des fins énergétiques. En particulier, le rapport examine des options pour une production et une utilisation de la biomasse, plus efficaces et durables. Dans le contexte global d'amélioration du rendement des ressources, il traite de «l'utilisation moderne de la biomasse» à des fins énergétiques, comme la biomasse utilisée pour la (co-)génération de chaleur et d'énergie, et les biocarburants liquides pour le transport, et la met en relation

avec l'utilisation de la biomasse pour l'alimentation et les matériaux. Alors que l'amélioration de la production de biomasse joue un certain rôle dans l'amélioration de la durabilité, le progrès dépendra in fine d'une utilisation plus efficace des ressources biotiques (et abiotiques) (y compris, par exemple, à travers les économies de carburants réalisées sur les flottes automobiles), bien qu'une prise en compte complète de toutes les stratégies applicables dans ce but (ex. : changer les régimes alimentaires à base animale et réduire les pertes alimentaires), dépasse le champ de ce rapport.

Ce rapport couvre principalement ce que l'on appelle les biocarburants de première génération, tout en envisageant aussi d'autres lignes de développement. Cela s'explique par l'état de la question et la disponibilité des données à la fin 2008. Les avantages et impacts potentiels des biocarburants de deuxième et troisième générations - auxquels on se référera de préférence en parlant de «biocarburants avancés» -, sont inclus pour partie et pourraient ultérieurement faire l'objet d'un rapport spécifique.

Ce rapport se focalise sur la situation globale, tout en reconnaissant des différences régionales.

Finalement, le rapport relève certaines incertitudes et traite des besoins en recherche et développement.

La question clé qui est apparue est de savoir si une expansion significative de la production de biocarburants ne serait pas «trop d'une bonne chose».

# la bioénergie fait partie



## **Biocarburants, les tendances**



# du cocktail énergétique

La bioénergie, jusqu'à présent largement sous la forme de l'utilisation traditionnelle de la biomasse, fait partie du cocktail énergétique.

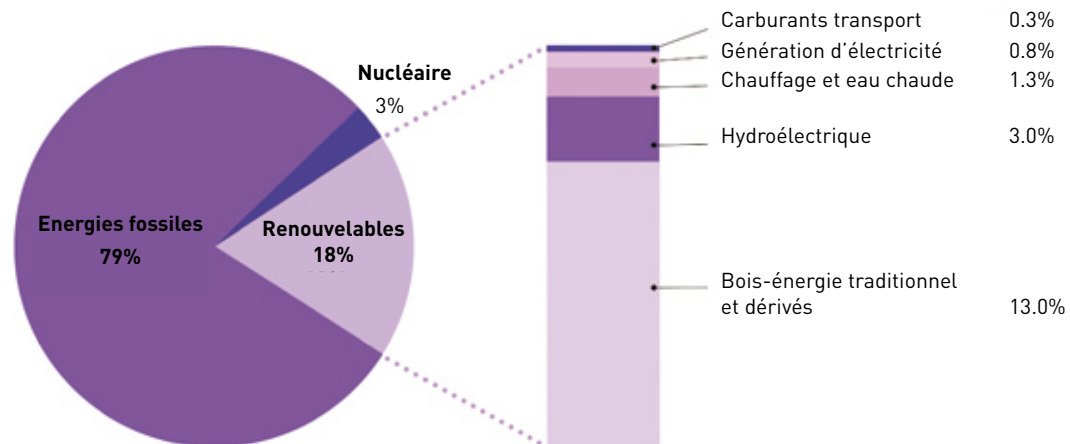
L'utilisation traditionnelle de la biomasse fournit actuellement 13% de la demande mondiale finale d'énergie.

L'utilisation de la biomasse traditionnelle fournit actuellement 13% de la demande énergétique finale globale. Dans les pays en voie de développement, plus de 500 millions de foyers continuent d'utiliser la biomasse traditionnelle pour la cuisine et le chauffage. Toutefois, ces tendances changent et déjà 25 millions de foyers cuisinent et s'éclairent au biogaz, et un nombre croissant de petites industries, y compris dans l'industrie agroalimentaire, tirent leur chaleur de procédé et leur puissance motrice de méthaniseurs à petite échelle.

La biomasse a contribué à environ 1% de la capacité électrique mondiale totale de 4300 GW en 2006. Elle est de plus en plus employée dans des systèmes de cogénération électricité-chaleur, avec de récentes augmentations dans les pays européens et certains pays en voie de développement comme le Brésil.

Beaucoup de pays ont des objectifs dans leurs politiques qui portent sur les énergies renouvelables, mais peu de pays spécifient le rôle de la biomasse.

**Figure 1: Part des énergies renouvelables dans la consommation mondiale finale d'énergie en 2006**



Source: REN21 (2008)

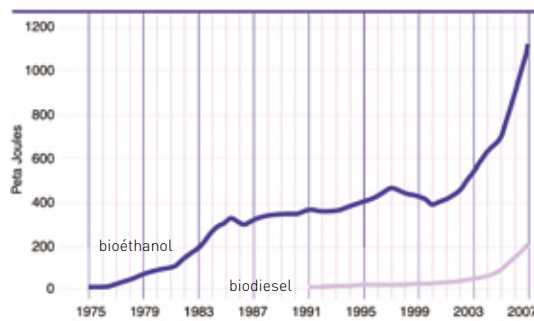
# La bioénergie fait partie du cocktail énergétique

Les biocarburants liquides ont fourni une part mondiale totale de 1,8% des carburants pour les transports en 2007, en valeur énergétique.

La production mondiale d'éthanol pour alimenter les transports a triplé entre 2000 et 2007, pour passer de 17 milliards à plus de 52 milliards de litres, tandis que la production de biodiesel était multipliée par onze, passant de moins d'1 milliard à près de 11 milliards de litres. En conséquence, les biocarburants liquides ont fourni une part mondiale totale de 1,8% des carburants pour le transport en 2007, en valeur énergétique. Une estimation récente pour 2008 arrive à 64,5 milliards de litres d'éthanol et 11,8 milliards de litres de biodiesel, soit 22% de hausse par rapport à 2007 (en valeur énergétique). Entre 2005-2007 (en moyenne) et 2008, la part de l'éthanol dans l'utilisation mondiale des carburants de type essence est, selon les estimations, passée de 3,78% à 5,46%, et la part du biodiesel dans l'utilisation globale des carburants de type diesel, de 0,93% à 1,5%.

Les principaux pays producteurs de biocarburants pour le transport sont les États Unis, le Brésil et l'UE.

**Figure 2: Production mondiale de bioéthanol et de biodiesel de 1975 à 2007**



Source: REN21 [2008]

La production aux États-Unis consiste essentiellement en éthanol de maïs, au Brésil, d'éthanol de canne à sucre, et dans l'Union Européenne, essentiellement de biodiesel de colza. Parmi d'autres pays producteurs d'éthanol, on trouve notamment l'Australie, le Canada, la Chine, la Colombie, la République dominicaine, la France, l'Allemagne, l'Inde, la Jamaïque, le Malawi, la Pologne, l'Afrique du Sud, l'Espagne, la Suède, la Thaïlande et la Zambie. Une rapide expansion de la production de biodiesel a eu lieu dans le sud-est asiatique (Malaisie, Indonésie, Singapour et Chine), en Amérique latine (Argentine et Brésil), et dans le sud-est de l'Europe (Roumanie et Serbie).

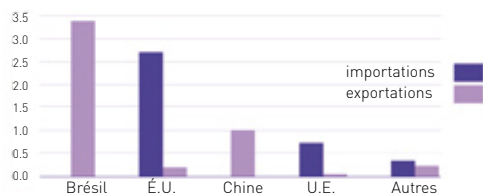
Les politiques ont essentiellement déclenché le développement de la demande en biocarburants en fixant des objectifs et des taux d'incorporation obligatoires. Des mandats pour incorporer des biocarburants aux carburants de véhicules étaient en vigueur dans au moins 36 états/provinces et 17 pays au en 2006. La plupart des mandats exigent de mélanger 10 à 15% d'éthanol à l'essence, ou 2 à 5% de biodiesel au diesel. De plus, des objectifs récents définissent des niveaux plus élevés pour l'utilisation envisagée des biocarburants dans divers pays.

Les investissements visant à augmenter la capacité de production de biocarburants dépassaient probablement 4 milliards de dollars américains dans le monde en 2007, et semblent augmenter rapidement.

L'industrie, avec le soutien des gouvernements, investit également fortement dans le développement de biocarburants avancés.

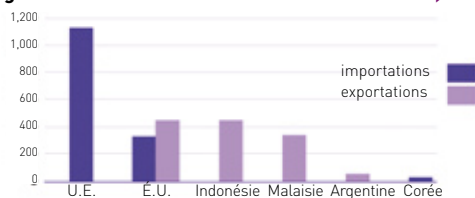
Pour l'instant, le commerce international d'éthanol et de biodiesel est faible, mais on s'attend à ce qu'il augmente

**Figure 3: Commerce international de l'éthanol, 2006**



Source: Données compilées de l'OCDE (2008), selon F.O. Licht (2008)

**Figure 4: Commerce international du biodiesel, 2007**



Source: Données compilées de l'OCDE (2008), selon LMC (2007)

Le commerce international d'éthanol et de biodiesel est resté faible jusqu'à présent (environ 3 milliards de litres par an sur 2006/07), mais on s'attend à ce qu'il augmente rapidement dans des pays comme le Brésil, qui a atteint un niveau record d'exportations d'environ 5 milliards de litres d'éthanol en 2008.

À court et moyen terme, les projections anticipent que la biomasse et divers déchets contribueront à hauteur de 56 EJ/a en 2015 et 68 EJ/a en 2030. L'utilisation mondiale du bioéthanol et du biodiesel sera quasiment multipliée par deux entre 2005-2007 et 2017. L'essentiel de cette augmentation sera probablement dû à l'utilisation de biocarburants aux USA, dans l'UE, au Brésil et en Chine. Mais d'autres pays pourraient aussi développer une consommation significative de biocarburants,



comme l'Indonésie, l'Australie, le Canada, la Thaïlande et les Philippines.

Concernant le potentiel global à long terme de la bioénergie, les estimations dépendent de façon critique de certaines hypothèses, en particulier de la disponibilité des terres agricoles pour des productions non-alimentaires. Alors que des hypothèses relativement optimistes conduisent à un potentiel théorique de 200-400 EJ/a, voire plus, le scénario le plus pessimiste ne compte que sur l'utilisation des déchets et résidus organiques, ne fournissant qu'un minimum de 40 EJ/a.

Des estimations plus réalistes, prenant en considération des contraintes environnementales, estiment un potentiel durable de 40-85 EJ/a d'ici 2050. En comparaison, la consommation d'énergie fossile actuelle se monte à 388 EJ.

# les biocarburants



**Défis globaux**

La durabilité à long terme du secteur bioénergétique ne peut être obtenue qu'avec des politiques et une planification saines, qui prennent en considération toute une gamme de tendances globales, dont **l'accroissement démographique, l'amélioration des rendements, la modification des régimes alimentaires et le changement climatique.**

## Une population croissante

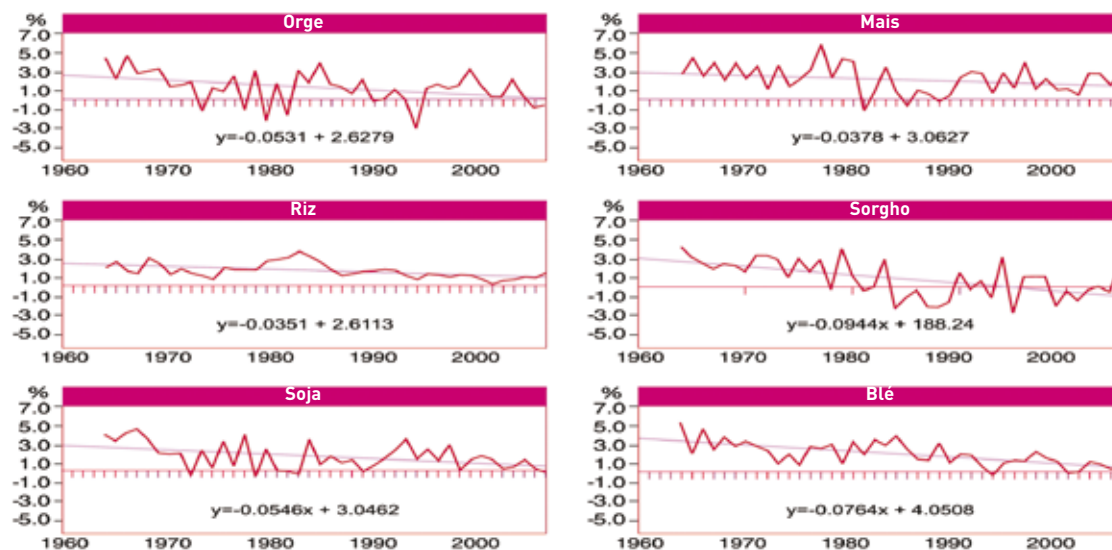
On s'attend à ce que la population mondiale croisse de 36% entre 2000 et 2030, de 6,1 milliards en 2000 à environ 8,3 milliards (projection moyenne de l'ONU/FAO). Les pays en voie de développement contribueront le plus à cette augmentation, avec une population totale augmentant de 4,7 à 6,9 milliards sur la même période (+45%).

## Développement des rendements agricoles

Les données de la FAO montrent que les augmentations relatives des rendements ont généralement faibli ces dernières décennies. Les données de 1961 à 2005 montrent des augmentations réduites des rendements moyens en pourcentages annuels, sur six cultures de plein champ.

En moyenne mondiale, on prédit que les rendements en céréales augmenteront sensiblement au même rythme que la population globale.

**Figure 5: Évolution du taux de croissance des rendements globaux des récoltes (en %) - moyennes mobiles sur 5 ans**



Note : variable auxiliaire t pour régressions : Orge : -2,61\*\* ; Riz non-décortiqué : -3,70\*\*\* ; Sorgho : -4,32\*\*\* ; Soja : -3,06\*\*\* ; Blé : -5,82\*\*\* et \*\* indiquant l'importance sur l'intervalle de confiance bilatéral de 1 et 5%, respectivement).  
Source : basé sur les données en ligne FAOSTAT (2008)

# mettre les biocarburants en perspective

Des données récentes montrent que le changement climatique a déjà réduit les rendements moyen des récoltes.

L'évolution future des rendements agricoles mondiaux déterminera le degré de satisfaction de la demande en biomasse alimentaire et non-alimentaire, à partir des terres cultivées existantes. Il est très probable que les prix des denrées agricoles seront significativement influencés par l'évolution future des rendements. Bien que l'évolution globale semble assez incertaine, différentes influences (comme l'approvisionnement en eau, le changement climatique, les restrictions environnementales, l'évolution des marchés agricoles), rendent plutôt improbable le fait que les taux de croissance des dernières décennies persistent à l'échelle mondiale. Ces dernières décennies, il a été observé sur les principaux végétaux une tendance au déclin du pourcentage annuel d'augmentation des rendements.

On estime que le potentiel d'amélioration des rendements est plus élevé dans les pays en voie de



développement, notamment en Afrique. Toutefois, la FAO estime que les futures augmentations des rendements des céréales dans les pays en voie de développement seront plus proches des taux moyens globaux inférieurs des dernières années, à savoir environ 1% par an.

Des estimations plausibles d'institutions internationales, pour les rendements globaux dans la prochaine décennie, se situent entre 1 et 1,1% par an pour les céréales, 1,3% par an pour le blé et les céréales secondaires, 1,3% par an pour les racines et tubercules et 1,7% par an pour les oléagineux et huiles végétales. Ces taux d'augmentation sont significativement inférieurs aux taux des quatre dernières décennies.

De récentes découvertes montrent que le changement climatique a déjà réduit les rendements moyens des récoltes. Les évolutions futures pourraient élargir l'écart entre les pays développés et en voie de développement, en diminuant la capacité de production en particulier dans des régions semi-arides, et en augmentant cette capacité dans les zones tempérées. Une plus grande fréquence d'événements climatiques extrêmes augmentera les incertitudes.

## Développement de la demande alimentaire

Par le passé, les rendements agricoles croissaient plus vite que la population mondiale, et l'on pouvait produire davantage de nourriture sur les terres agricoles existantes.

À l'avenir, les tendances risquent de devenir moins favorables à mesure que les rendements moyens des récoltes compenseront

Tous les nouveaux besoins de terres, pour par exemple les cultures énergétiques, viendront se rajouter à cette demande.

la croissance de la population mais pas la demande croissante de nourriture à base animale. Entre 2000 et 2030, on s'attend à ce que les rendements moyens des récoltes augmentent au même rythme que la population.

Toutefois, en même temps, la demande alimentaire se tourne vers un taux croissant de régimes à base animale, en particulier dans les pays en voie de développement, où la consommation de viande était faible.

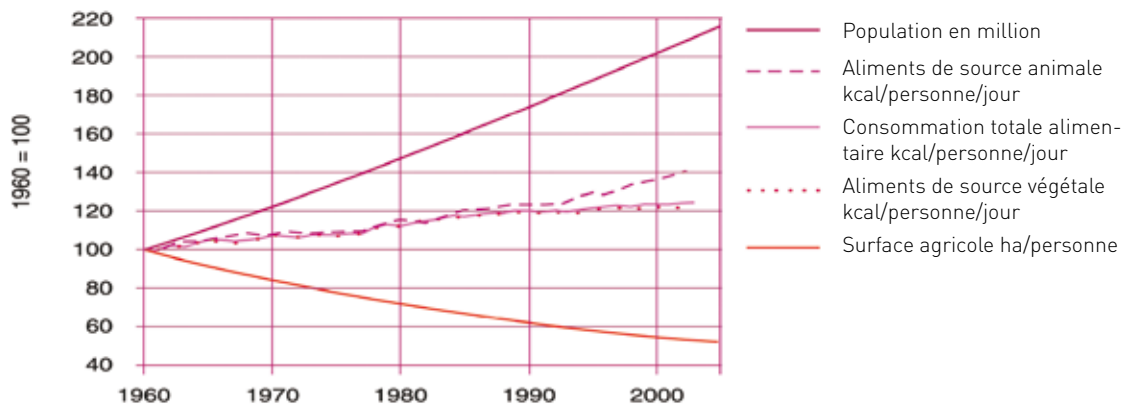
La FAO s'attend à ce que la consommation de viande de la population mondiale augmente de 22% par habitant entre 2000 et 2030, celle du lait et des produits laitiers, de 11%, et celle des huiles végétales, de 45%. Les produits de base avec des exigences plus faibles en termes de surfaces cultivées pour les produire, comme les céréales, racines,

tubercules et légumineuses, augmenteront à des taux plus faibles par habitant.

Comme les augmentations des rendements ne compenseront probablement pas la croissance et l'évolution de la demande alimentaire, il faudra accroître la surface des terres agricoles pour simplement nourrir la population mondiale.

À ce jour, aucune projection explicite de changement d'affectation des terres dans le monde, induite par l'évolution de la demande alimentaire, ne semble disponible. À partir du rapport Gallagher, on peut déduire une estimation pour des besoins supplémentaire de 144 à 334 Mha de terres agricoles pour l'alimentation en 2020.

Figure 6: Évolution de la population mondiale, des terres agricoles et de la consommation par personne (1960 - 2005)



Source : Statistiques de population en ligne de l'ONU ; FAOSTAT online

# tous les biocarburants

## Cycle de vie





# ne sont pas égaux

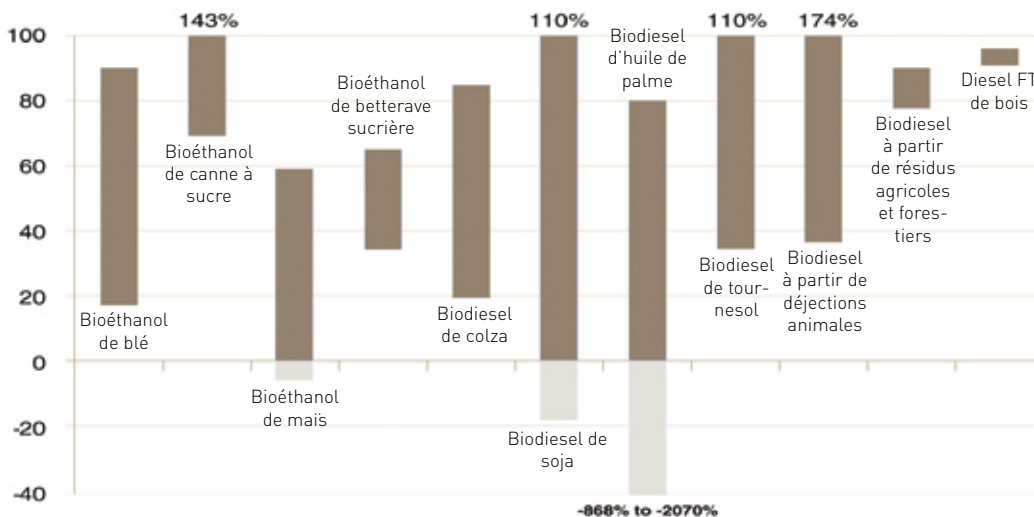
Les biocarburants peuvent apporter une vraie réponse pour la réalisation des différents objectifs des politiques suivies. Toutefois, tous les biocarburants ne sont pas aussi performants en termes d'impact sur le climat, la sécurité énergétique et sur les écosystèmes. **Il faut évaluer les impacts environnementaux et sociaux tout au long de leur cycle de vie.**

## Les bilans gaz à effet de serre des biocarburants

L'analyse du cycle de vie (ACV) des biocarburants a révélé un large éventail de résultats pour leurs bilans nets en émissions de gaz à effet de serre (GES) par rapport aux combustibles fossiles, en fonction de la matière première et de la technologie de conversion, mais aussi en fonction d'autres facteurs, notamment certaines hypothèses méthodologi-

ques. Pour l'éthanol, on relève les plus grandes économies en termes de GES pour la canne à sucre (de 70% à plus de 100%), tandis que le maïs peut permettre d'économiser jusqu'à 60% mais aussi provoquer 5% d'émissions de GES en plus. Les plus grandes variations sont observées pour le biodiesel à base d'huile de palme et de soja. Les fortes économies sur le premier dépendent des hauts rendements, celles sur le second, des mérites des sous-produits. Des économies négatives de GES, à

Figure 7: Économies en termes de gaz à effet de serre pour les biocarburants, par rapport aux carburants fossiles



Source : Propre compilation à partir de données de Menichetti/Otto 2008 pour le bioéthanol et le biodiesel, IFEU (2007) pour l'éthanol de canne à sucre, et Liska et al. (2009) pour l'éthanol de maïs, RFA 2008 pour le biométhane, le bioéthanol de résidus et le diesel FT

# tous les biocarburants ne sont pas égaux

Les ACV devraient prendre en compte les émissions de GES du fait du changement d'utilisation des sols, et les questions de l'eau et de la biodiversité.

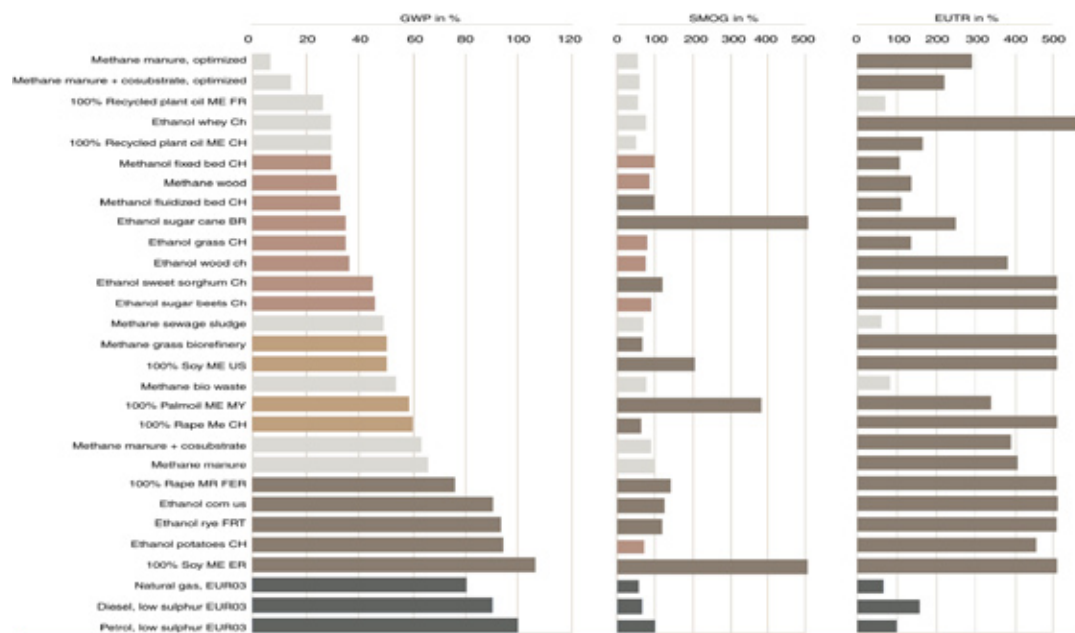
savoir des augmentations d'émissions, peuvent en résulter, en particulier quand la production a lieu sur une terre autrefois à l'état naturel et mise en culture et que l'on prend en compte la mobilisation associée de stocks de carbone. Des grandes économies de GES sont enregistrées pour les biogaz obtenus à partir de déjections animales et d'éthanol dérivé de résidus agricoles et forestiers, ainsi que pour du

biodiesel de synthèse fabriqué à partir du bois (BtL, basé sur des plantes expérimentales).

## Impacts insuffisamment couverts par les ACV existantes

Mises à part les émissions de GES, d'autres impacts des biocarburants comme ceux sur l'eau ou sur la biodiversité, ne sont généralement pas pris en compte dans les ACV existantes.

**Figure 8: Analyse d'impact de différents biocarburants sur tout leur cycle de vie, en comparaison de carburants fossiles, pour différentes pressions environnementales**



GWP: global warming potential, SMOG: summer smog potential, EUTR: excessive fertilizer use  
 Reference (= 100%) is petrol EUR03 in each case. Biofuels are shown in diagram at left ranked by their respective GHG emission reductions.  
 Legend:  
 - Better than reference (light grey)  
 - Worse than reference (dark grey)  
 - Those with GHG emissions reductions of more than 50% as versus petrol (medium grey)  
 - Those with GHG emissions reductions of more than 30% (dark brown)  
 - Those with GHG emissions reductions of less than 30% (light brown)  
 - Production paths from waste materials or residue (black)

Notes : Potentiel de réchauffement global (GWP), potentiel de smog d'été (SMOG), potentiel d'eutrophisation (EUTR)

Source: Zah et al. [2007]

Les ACV devraient prendre en compte l'eutrophisation et l'acidification.

Les durées d'amortissement influencent les résultats.

Il y a des incertitudes quant aux émissions de N<sub>2</sub>O.

De même, des impacts tels que l'eutrophisation et l'acidification, qui sont bien réels et ont déjà contribué à une aggravation significative de la qualité de l'environnement dans certaines régions, doivent être pris en compte.

L'état de la connaissance sur ces impacts que l'on peut tirer des analyses de cycle de vie reste toutefois limité, en dépit du fait que dans ces domaines, beaucoup de biocarburants entraînent de plus fortes pressions environnementales que les carburants fossiles. Sur un échantillon représentatif d'études d'ACV sur des biocarburants, moins d'un tiers présentait des résultats pour l'acidification et l'eutrophisation, et seules quelques-unes des résultats pour le potentiel de toxicité (que ce soit la toxicité humaine, l'éco-toxicité, ou les deux), le smog d'été, la diminution de la couche d'ozone ou le potentiel de diminution des ressources abiotiques, et aucune des résultats sur la biodiversité. L'augmentation de l'eutrophisation est une caractéristique clé des biocarburants produits à partir des cultures énergétiques, par rapport aux carburants fossiles.

Les émissions sur tout le cycle de vie des nutriments dépendent, de façon critique, du mode d'application et des pertes d'engrais au cours de la production de matières premières pour les biocarburants.

### **Des contraintes méthodologiques qui influencent les résultats**

L'ACV fournit un guide utile pour comparer différentes technologies et méthodes de production. Toutefois, quand on interprète les résultats, on doit faire attention aux diverses hypothèses et contraintes méthodologiques, qui entraînent une grande variation dans les résultats des ACV.

Par ailleurs, des variations significatives résultent de l'incertitude quant aux émissions d'oxyde nitreux (N<sub>2</sub>O), qui est un gaz à effet de serre particulièrement puissant. Beaucoup d'analyses de cycle de vie se fondent sur la méthode d'évaluation du GIEC pour estimer les flux de N<sub>2</sub>O, soit des estimations d'à peine plus de 1% de la quantité d'azote utilisée dans les engrais.

Toutefois, les calculs de bilan atmosphérique de Crutzen et ses collègues ont indiqué que les émissions totales pourraient s'échelonner entre 3 et 5%. Si ces résultats sont corroborés, ceux de nombreuses études ACV devront être reconsidérés.

Un autre composant qu'il faut prendre en considération quand on compare les résultats d'ACV est la façon dont sont attribués les impacts liés à la conversion des sols. Par exemple, quand on établit des plantations de palmiers sur des forêts naturelles converties et que les émissions associées sont amorties sur 100 ans, il peut en résulter des économies de GES par hectare et par an. Par contre des émissions supplémentaires apparaîtront si l'on applique une période d'amortissement de 30 ans. Quand les plantations sont plantées sur une jachère tropicale (terre abandonnée), il en résulte généralement des valeurs positives.

L'amélioration de l'approche du cycle de vie, qui est par définition orientée sur la chaîne d'un produit, semble nécessaire, et elle est en cours. Mais certaines de ses lacunes ne pourront être surmontées que par l'utilisation d'approches analytiques complémentaires, qui saisissent les impacts globaux des biocarburants dans le contexte spatial et socio-économique. Cela est nécessaire notamment pour prendre en compte les effets indirects du changement d'affectation des terres, induit par l'augmentation de la demande.

l'eau :



**Eau**

# un facteur limitant

- Qualité de l'eau
- Consommation d'eau

Des évaluations d'impact au niveau du projet et à l'échelle régionale sont nécessaires.

Les types de cultures, les méthodes de production et les technologies de conversion doivent être parfaitement adaptées aux conditions locales.

## Qualité de l'eau

Il existe un lien entre les impacts environnementaux estimés par cycle de vie au niveau d'un projet et les problèmes de qualité de l'eau, décrits à l'échelle régionale. Par exemple, dans le bassin de drainage du Mississippi, il a été démontré que l'augmentation des étendues de blé et des taux d'application des engrais, du fait de l'augmentation de la production de biocarburants, impliquait les pertes d'azote et de phosphore dans les fleuves, rivières, lacs et eaux côtières, en particulier dans le nord du golfe du Mexique et dans les eaux côtières atlantiques, en aval des zones de production en expansion, ce qui conduit à de sérieux problèmes d'hypoxie (carence en oxygène). Modifier les pratiques agricoles, en cultivant les plantes appropriées, peut atténuer certaines contraintes mais ne suffira très probablement pas à améliorer des conditions environnementales régionales telles que la qualité de l'eau.

## Consommation d'eau

Actuellement, l'agriculture utilise quelque 70% de l'eau douce mondiale, et le développement des biocarburants viendrait s'y ajouter. La consommation d'eau varie avec les types de cultures utilisées comme matières premières, ainsi qu'avec les méthodes de production et les technologies de conversion.

Les cultures énergétiques dans les régions pauvres en eau ont besoin d'être irriguées, ce qui peut conduire à une concurrence avec la production alimentaire ainsi qu'à une pression sur les ressources en eau.

Des événements climatiques extrêmes (inondations, sécheresses), dus au changement climatique, pourraient augmenter l'incertitude en termes de ressources disponibles au-delà de la capacité de restauration.

# impacts du changement



**Affectation  
des terres**

# d'affectation des terres

On s'attend à ce que la demande future globale en biocarburants augmente, tout comme **la demande en surfaces cultivées**.

## Utilisation actuelle et prévue des terres pour la production agricole

L'utilisation globale des terres pour la production de biocarburants (principalement à partir de cultures servant pour l'alimentation) augmente. En 2008, la production agricole pour les biocarburants a couvert environ 2,3%, soit 36 Mha, des terres agricoles mondiales, à comparer aux 26,6 Mha, soit 1,7%, des terres agricoles mondiales en 2007, et 13,8 Mha, soit environ 0,9%, des terres agricoles mondiales en 2004. Avec la demande croissante en biocarburants, l'extension des terres cultivées pour la production de biocarburants continue, en particulier dans les pays tropicaux où les conditions naturelles favorisent des rendements élevés. Ce développement est mu par des objectifs de volumes plutôt que par une planification de l'utilisation des terres. Au Brésil, les zones plantées en canne à sucre représentaient 9 millions d'hectares en 2008 (en hausse de 27% par rapport à 2007). Actuellement, les terres arables totales du Brésil couvrent environ 60 Mha. La surface cultivée totale pour le soja, que l'on utilise de plus en plus pour le biodiesel, pourrait potentiellement être portée de 23 Mha en 2005, à environ 100 Mha. On s'attend à ce que l'essentiel de cette expansion se fasse sur les pâturages et la savane (Cerrado). Dans le sud-est asiatique, l'expansion de l'huile de palme (pour l'alimentation et autres utilisations) est considérée comme l'une des causes majeures de destruction des forêts tropicales humides. En Indonésie, il est prévu une nouvelle extension de 20 Mha pour les palmiers, à rapprocher du

stock existant d'au moins 6 Mha. Deux tiers de l'actuelle expansion de la culture du palmier en Indonésie sont basés sur la conversion de forêts tropicales humides, et un tiers sur des terres précédemment cultivées ou sur des jachères. Sur les zones des forêts tropicales humides converties, un quart contenait de la tourbe à haute teneur en carbone – entraînant en particulier de fortes émissions de GES quand on les draine pour y planter des palmiers. D'ici 2030, la part des tourbières devrait atteindre 50%. Si la tendance actuelle continue, en 2030, la surface totale de forêts tropicales humides d'Indonésie aura été réduite de 29% par rapport à 2005 et ne couvrira plus qu'environ 49% de sa surface d'origine en 1990.

## Besoins en surfaces cultivées associés aux projections d'utilisation de biocarburants

Les estimations des besoins en surfaces cultivées pour les biocarburants à venir varient fortement et dépendent d'hypothèses de base – principalement le type de culture, l'emplacement géographique, le niveau d'intrants et l'augmentation des rendements. Il existe des estimations plus prudentes, qui projettent une augmentation modérée de la production et de l'utilisation des biocarburants, qui ont été développées comme cas de référence partant de l'hypothèse qu'aucune nouvelle politique ne serait introduite pour stimuler davantage la demande. Ces projections varient entre 35 et 166 Mha à l'horizon 2020. Il existe différentes estimations de potentiels de production de biocarburants, qui estiment les

Ce développement est mu par des objectifs de volumes plutôt que par une planification de l'utilisation des terres.

# impacts du changement d'affectation des terres

La conversion des terres pour les biocarburants peut avoir des impacts environnementaux négatifs, telles que **la réduction de la biodiversité et l'augmentation des émissions de GES.**

Défricher la végétation naturelle mobilise le carbone stocké et peut entraîner une dette en carbone.

besoins en terres agricoles entre 53 Mha en 2030 et 1668 Mha en 2050. Environ 118 à 508 Mha seraient nécessaires pour fournir 10% de la demande mondiale de carburant pour les transports, avec les biocarburants de première génération en 2030. Cela reviendrait à 8% à 36% des terres agricoles actuelles, les cultures permanentes incluses.

Défricher la végétation naturelle mobilise le carbone stocké et peut entraîner une dette en carbone, telle que l'effet modérateur global en émissions de GES des biocarburants est largement compromis pour les décennies suivantes. Les émissions totales de CO<sub>2</sub> des 10% du diesel et de l'essence qui seront consommés mondialement en 2030, ont été estimées à 0,84 Gt CO<sub>2</sub>, que les biocarburants pourraient substituer par 0,17 à 0,76 Gt CO<sub>2</sub> (20 à 90%), alors que les émissions annuelles de CO<sub>2</sub> provenant de la seule conversion directe des terres sont estimées entre 0,75 et 1,83 Gt CO<sub>2</sub>. On se retrouverait avec des émissions encore plus grandes dans le cas du biodiesel obtenu à partir de plantations de palmiers établies sur des tourbières drainées.

Les politiques actuelles concernant les biocarburants sont destinées à mettre en œuvre des normes de production qui exigent des économies minimales de GES, et veillent

à ce que les terres cultivées ne consistent pas en des forêts naturelles récemment mises en culture, ni en d'autres terres de grande valeur pour le stockage du carbone ou la biodiversité. Toutefois, pour des régions consommatrices nettes comme l'UE ou des pays comme l'Allemagne, des modèles ont montré qu'une utilisation accrue de biocarburants entraînerait une augmentation globale des besoins mondiaux absolus en terres agricoles. Cela implique que si l'on produit des biocarburants sur des terres agricoles existantes, une autre production - en particulier pour servir la demande alimentaire croissante au-delà des capacités à augmenter les rendements - sera déplacée ailleurs («changement indirect d'affectation des terres»).

Aussi longtemps que la surface globale de terres agricoles nécessaire pour une consommation basée sur l'agriculture augmentera, on ne pourra pas éviter les effets de déplacement, de conversion de terres, et les impacts directs et indirects associés ne pourront pas être évités par la simple instauration de normes de production pour les biocarburants.

On s'attend à ce que l'augmentation de la production de biocarburants ait de gros impacts sur la diversité biologique dans les

On s'attend à ce que l'augmentation de la production de biocarburants ait de gros impacts sur la diversité biologique.



L'utilisation de terres abandonnées ou dégradées, peut aider à réduire la pression sur les terres.

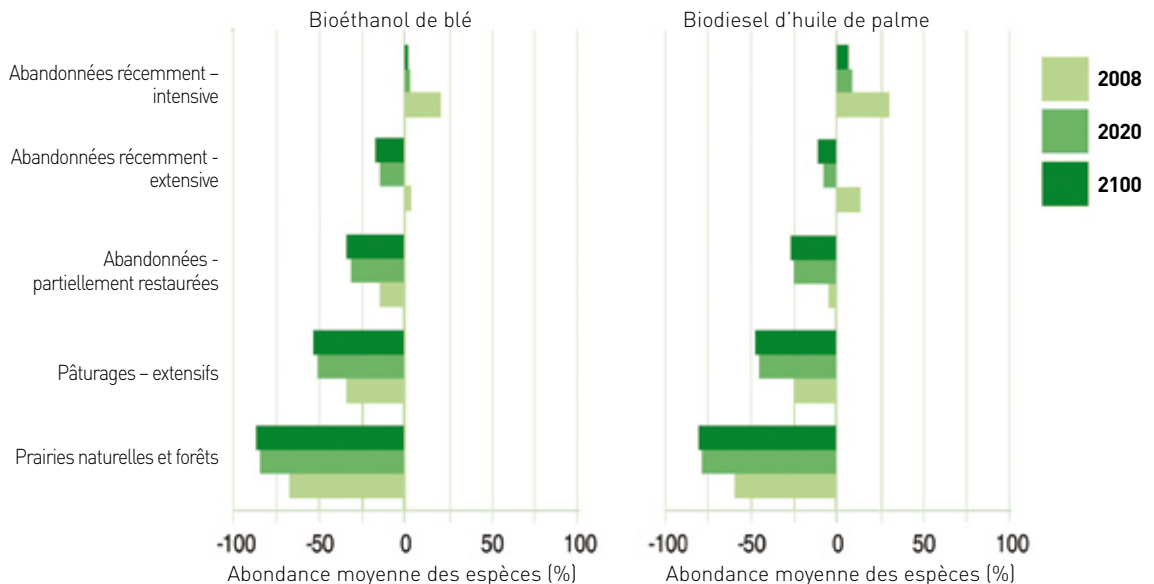
prochaines décennies, essentiellement par suite de perte d'habitat, d'augmentation des espèces envahissantes et de la pollution des substances nutritives. La perte d'habitat résultera principalement de l'expansion des terres agricoles. Les espèces et les génotypes de plantes herbacées suggérés comme futures matières premières des biocarburants peuvent devenir critiques en tant qu'invasifs. Les émissions de nutriments dans l'eau et l'air, résultant de cultures énergétiques intensives, auront un impact sur la composition des espèces dans les systèmes aquatiques et terrestres.

La modélisation du futur équilibre de la biodiversité pour différentes cultures sur

différents types de terres a montré que les réductions des GES par la production de biocarburants ne seraient généralement pas suffisantes pour compenser les pertes de biodiversité résultant de l'augmentation des conversions de terres, pas même sur plusieurs décennies.

Des effets favorables pour la biodiversité n'ont été notés que sous certaines conditions, quand on utilise des terres agricoles abandonnées, autrefois utilisées intensivement ou modérément dégradées. Sur ce genre de terres, la production de biocarburants peut même donner des gains de biodiversité, en fonction du système de production mis en œuvre.

**Figure 9: Bilan biodiversité lié au changement d'affectation des terres : conversion de la couverture des terres contre changement climatique évité pour la production de blé et d'huile de palme**



Source: Eickhout et al. (2008)

réduire



**Options pour un  
meilleur rendement  
des ressources**

# Les pressions

Il y a des chemins possibles pour arriver à une production plus efficiente et plus durable de la biomasse, et ainsi **réduire les pressions sur l'environnement.**

Les options varient de mesures destinées à améliorer l'efficacité de la production de biomasse -comme par l'augmentation des rendements, l'optimisation de la production agricole et la restauration de terres auparavant dégradées-, à une utilisation plus efficiente de la biomasse -y compris l'utilisation de déchets et de résidus de production, l'utilisation en cascade de la biomasse, les applications stationnaires pour la bioénergie - jusqu'à envisager différentes filières énergétiques comme les systèmes d'énergie solaire directs.

## Améliorer la production de biomasse

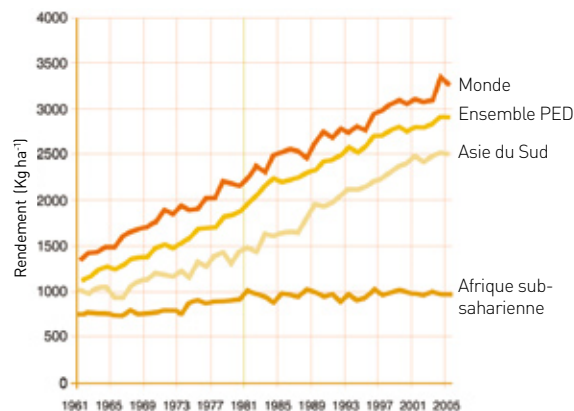
### Augmenter les rendements et optimiser la production agricole

Le potentiel d'augmentation des rendements diffère selon les régions. Dans les pays en voie de développement, on peut augmenter la productivité des plantes et des sols, afin d'accroître la production sur des terres agricoles existantes. Par exemple, de gros potentiels d'augmentation des rendements semblent exister en Afrique sub-saharienne, où des progrès ont pu être signalés localement en présence d'une amélioration simultanée l'utilisation de technologies agricoles et du cadre institutionnel.

Toutefois, bien que des investissements accrus dans les biocarburants puissent susciter des gains de productivité agricole qui pourraient avoir des retombées sur la production alimentaire, cela reste à prouver, et l'exacerbation du débat alimentation contre carburants demeure une réelle préoccupation. Dans des pays à hauts niveaux de rendements de récoltes, le niveau croissant de pollution des nutriments est une contrainte de plus en plus importante. Adapter les cultures et leurs

méthodes de mise en œuvre aux conditions locales, peut engendrer des augmentations de rendement et réduire la charge environnementale. Une manipulation génétique peut augmenter le rendement en lignocellulose pour les biocarburants de 2ème génération, bien que les risques pour l'écosystème restent incertains et qu'il faille prendre en considération le principe de précaution. Au final, le développement général au niveau mondial sera probablement une augmentation assez modérée des rendements agricoles.

**Figure 10: Tendances mondiales des rendements céréaliers par région (1961 - 2005)**



Source : Hazel & Wood (2008) [adapté de FAOSTAT 2006]

Les choix de cultures et de leurs méthodes doivent être adaptés aux conditions locales.

# réduire les pressions

Des activités de recherche sont nécessaires pour préciser quels sont les potentiels de production réalistes.

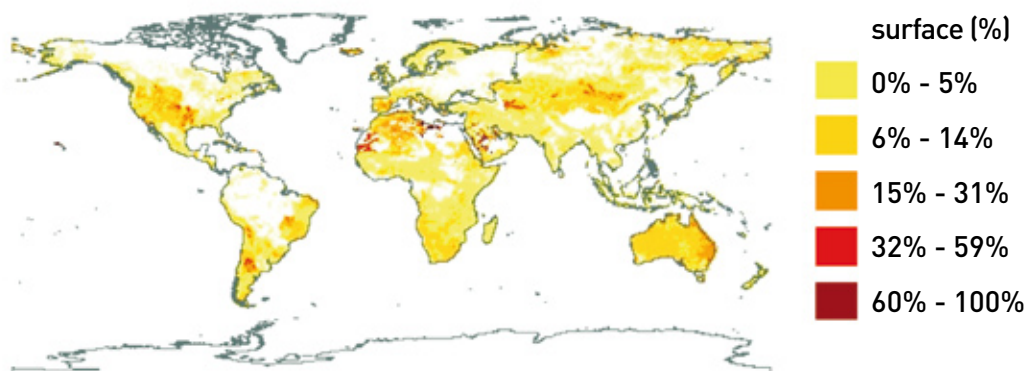
## Restaurer des terres précédemment dégradées

Afin d'éviter des conflits d'affectation des terres, on peut utiliser des terres dégradées, «marginales» et abandonnées pour produire des biocarburants. Certaines cultures, comme le switchgrass ou panic érigé, pourraient même restaurer la productivité de terres dégradées. Bien que la production puisse être moins profitable, des exemples de projets de biocarburants à petite échelle, par exemple avec le jatropha ou pourghère, démontrent le potentiel pour la fourniture d'énergie pour les besoins locaux. Néanmoins, des défis et des problèmes spécifiques à certaines cultures et certains sites existent, en particulier en ce qui concerne les rendements possibles, les intrants nécessaires et les effets secondaires sur l'eau et la biodiversité. Bien que des

potentiels importants aient été suggérés à la fois pour les terres dégradées et abandonnées, des recherches supplémentaires semblent nécessaires pour clarifier les potentiels réalistes de production et fournir un guide à la gestion des terres, en particulier pour comparer les coûts et bénéfices environnementaux de toute remise en culture par rapport à sa régénération naturelle. Par exemple, certaines zones actuellement classées comme «marginales» peuvent en fait abriter de hauts niveaux de biodiversité.

De même, dans certaines zones abandonnées, la régénération des habitats naturels pourrait être plus avantageuse, d'un point de vue environnemental, que la mise en place de cultures énergétiques.

Figure 11: Potentiel mondial en terres abandonnées



Source: Campbell et al. (2008)

## Utiliser la biomasse avec un meilleur rendement

### Utilisation des déchets et résidus de production

Récupérer de l'énergie à partir de déchets et de résidus peut permettre d'économiser des émissions substantielles de GES, sans qu'il soit besoin de terres supplémentaires. Spécifiquement, les déchets organiques municipaux et les résidus agricoles (à la fois de production végétale et de l'élevage) et forestiers fournissent un potentiel énergétique significatif, et encore largement inutilisé. D'un point de vue environnemental, ils n'ont aucune exigence directe d'utilisation des sols, mais les émissions provenant de l'incinération des déchets et la quantité de résidus que l'on pourrait enlever durablement des champs ou des forêts demeurent des préoccupations. Plus de recherche est nécessaire pour déterminer le bon équilibre entre les résidus qui doivent rester dans le champ ou dans la forêt, pour maintenir la fertilité du sol et son contenu en carbone, et la quantité que l'on peut prélever à des fins énergétiques, ainsi que ce qui a trait au recyclage des nutriments après la récupération d'énergie.

### Utilisation en cascade de la biomasse

Commencer par utiliser la biomasse pour produire un matériau, puis récupérer le contenu énergétique des déchets qui en résultent, peut maximiser le potentiel d'atténuation du CO<sub>2</sub> de la biomasse. Par sa réutilisation, on peut remplacer davantage de source d'énergie fossile par une plus petite quantité de biomasse, et par conséquent aussi réduire l'exigence en terres

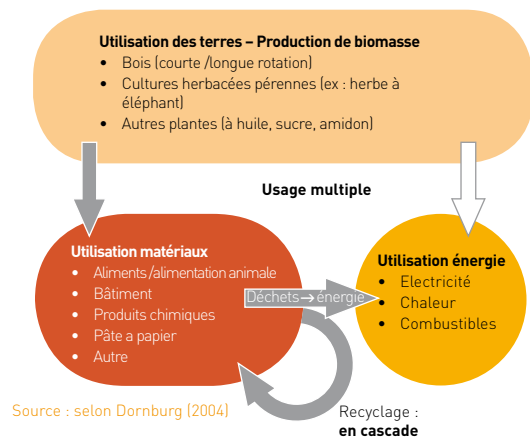
Le bon équilibre entre la quantité de résidus qui doit rester sur la terre agricole ou en forêt, et la quantité qui peut être prélevée pour les besoins énergétiques, doit être trouvé.

Il faut déterminer le potentiel en cascade en considérant les différentes utilisations de la biomasse et les besoins en termes de ressources.

cultivées, en maximisant en même temps le potentiel d'atténuation des GES. C'est particulièrement pertinent dès lors que l'on s'attend à ce que la production de biomatériaux augmente, et qu'une croissance incontrôlée pourrait entraîner des problèmes de changement d'affectation des terres et des contraintes similaires à ceux rencontrés avec des biocarburants. Bien que l'utilisation en cascade puisse réduire la concurrence entre utilisations énergétique et matériau de la biomasse, la concurrence entre les différents usages risque aussi de gêner la prolongation des enchaînements en cascade. On peut déjà le voir avec certains produits forestiers et le bois-énergie.

De nouvelles recherches sont nécessaires pour déterminer le potentiel pour des utilisations en cascade de la biomasse selon ses finalités (alimentation, fibres, carburants et matières plastiques), et les besoins en ressources (terres, matières premières et énergie).

Figure 12: Utilisation en cascade de la biomasse



# réduire les pressions

Remplacer l'utilisation traditionnelle de la biomasse pour le chauffage et la cuisine peut aider à surmonter la précarité énergétique et améliorer les conditions de santé.

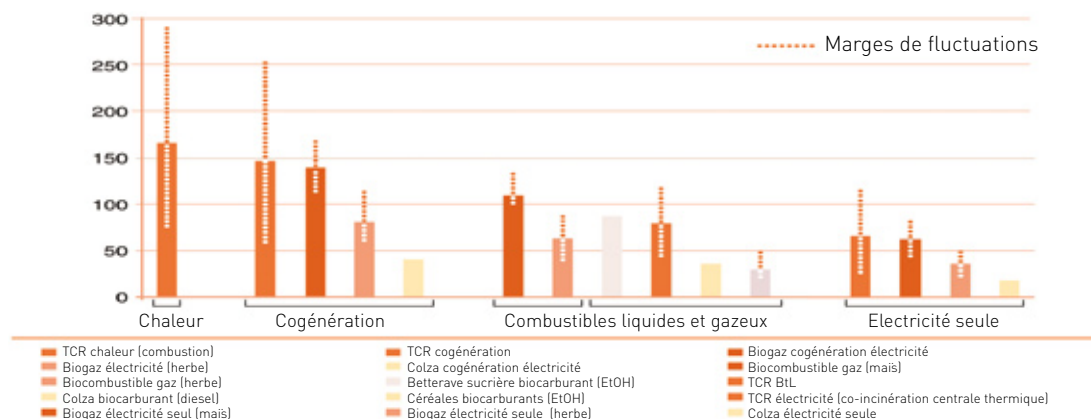
## Utiliser la biomasse pour l'électricité et le chauffage

L'utilisation en applications stationnaires de la biomasse (pour générer de la chaleur et/ou de l'électricité) est typiquement plus économique que de convertir la biomasse en combustible liquide. Cela peut aussi engendrer des économies de CO2 beaucoup plus importantes, à moindre coût. En fait, même en considérant des biocarburants avancés comme le BtL, remplacer des carburants fossiles pour la production d'électricité et de chaleur par du bois peut permettre d'économiser encore plus d'émissions de GES.

Les technologies d'utilisation pour des applications stationnaires offrent des options

prometteuses pour la fourniture d'énergie aux communautés et ménages dans les pays en voie de développement. Par exemple, remplacer l'utilisation traditionnelle de la biomasse pour le chauffage et la cuisine peut aider à vaincre la précarité énergétique et améliorer les conditions de santé. Dans les pays développés, les dernières technologies fournissent des services multifonction, par exemple en combinant traitement des déchets et production d'énergie. Le biogaz est un exemple d'application stationnaire ayant un potentiel particulièrement intéressant en tant que source d'énergie renouvelable permettant de bonnes économies de GES, surtout lorsque l'on utilise des déchets.

**Figure 13: Aperçu des rendements énergétiques actuels (nets) de matières premières renouvelables pour différents modes d'utilisation, en GJ/ha**



\* Remarques : Utiliser le miscanthus donne des rendements environ 20% plus élevés que les TCR, mais cette possibilité n'est pas prise en compte ici parce que cette technologie n'est pas encore commercialement viable. Dans le cas de la chaleur, de la cogénération, et de l'électricité (sans chaleur), les rendements à l'utilisation sont inclus ; dans le cas des carburants pour moteur, seules sont incluses les pertes au niveau de leur production mais pas les pertes au niveau de leur utilisation. Donc les données ne sont qu'en partie comparables ; l'utilisation des carburants dans les véhicules à moteur réduira encore le rendement énergétique. SRC = taillis à courte rotation (TCR), BtL = biomass-to-liquid, PP = centrale électrique, CHP = cogénération, EtOH = éthanol, SB = betterave sucrière  
Sources : SRU (2007) (adapté de LfU 2004 : Arnold et al. 2006 ; DENA 2006 ; FNR 2005, 2005b, 2006 ; Keymer & Reinhold 2006 ; Schindler & Weindorf 2006)

Les systèmes d'énergie solaire directe transforment les rayons solaires plus efficacement en énergie utilisable.

Par contre, quand on utilise des cultures énergétiques pour le biogaz, il faut prendre en compte les problèmes écologiques et d'utilisation des terres.

## Considérer différents systèmes d'approvisionnement énergétique

### Systèmes d'énergie solaire directe

Comme la biomasse, les systèmes à énergie solaire transforment les rayons solaires en énergie utilisable, quoique beaucoup plus efficacement.

En particulier, ils requièrent beaucoup moins de surface au sol et présente généralement un moindre impact environnemental.

Alors que l'électricité solaire est encore sujette à un désavantage en termes de coûts, ceux-ci devraient diminuer, et certaines applications auto-productrices sont déjà viables économiquement. De plus, des technologies telles que les fours solaires peuvent remplacer l'utilisation de la «biomasse traditionnelle» dans les pays en voie de développement. Comme ce genre d'options offre des services similaires aux biocarburants, leur application comme alternatives potentiellement plus avantageuses pour l'environnement socioculturel et écologique local, doit être examinée.



des politiques scien

# Stratégies et mesures





On peut obtenir une production durable de biocarburants quand des **stratégies** sont mises en œuvre pour augmenter la productivité des ressources. Certaines **mesures** peuvent réduire les pressions environnementales sur les ressources naturelles et fournir des bénéfices sociaux.

Les mandats et objectifs ont commencé à être remis en cause pour défaut de base scientifique suffisante.

Des instruments politiques sont nécessaires, qui favorisent des schémas d'utilisation durable des terres et ajustent la demande à des niveaux qui puissent être assurés de façon durable.

## Mandats, objectifs et normes

Le développement d'une industrie des biocarburants a été largement alimenté par divers gouvernements via des mandats, objectifs et autres mécanismes de soutien, comme des subventions, principalement pour assurer leur sécurité énergétique. Dès que des conséquences environnementales négatives des biocarburants sont apparues, ces politiques ont commencé à être remises en cause pour défaut de base scientifique suffisante. En particulier, alors qu'atténuer le changement climatique est un moteur majeur du soutien aux biocarburants, le potentiel d'atténuation climatique des biocarburants actuels est relativement minime et les coûts à ce jour semblent hors de proportion. Par exemple, selon l'OCDE, les subventions aux USA, au Canada et dans l'UE représentent entre 960 et 1,700 dollars américains par tonne équivalent de CO<sub>2</sub> évité dans ces pays. Ce niveau dépasse largement la valeur du carbone sur les marchés européen et américain du carbone. Bien que le commerce international ait été limité jusqu'ici, on s'attend à ce qu'il croisse suite aux objectifs que la plupart des pays ne seront pas capables d'atteindre avec leur production nationale.

Pour faire face aux problèmes croissants des effets secondaires indésirables des biocarburants, certains pays ont commencé à promouvoir des normes de durabilité pour la production durable de bio-énergie.

Ces normes et les schémas de certification associés reposent sur des analyses de cycle de vie liées aux projets, et ne prennent souvent en compte que certains impacts choisis le long de la chaîne de production. D'autres efforts sont nécessaires pour prendre totalement en considération, non seulement les effets sur les GES, mais aussi d'autres impacts comme l'eutrophisation et l'acidification de façon plus complète.

Des initiatives conçues pour protéger l'agriculture à petite échelle dans le cadre d'une production à grande échelle des biocarburants, comme le label social au Brésil, semblent également nécessaires. Alors que l'amélioration des performances des biocarburants à l'échelle de leur cycle de vie («dimension verticale» au niveau micro) peut être soutenue par la certification, ces normes produits ne suffisent pas pour éviter les changements d'utilisation des sols du fait de l'augmentation de la demande pour les végétaux pour carburants («dimension horizontale» au niveau macro). Dans ce but, d'autres instruments politiques sont nécessaires, qui soutiennent des schémas d'utilisation durable des sols et ajustent la demande à des niveaux qui peuvent être assurés par une production durable.

- Développer plus avant des normes de production et la certification des biocarburants, pour prendre en considération tous les impacts environnementaux et sociaux significatifs

# des politiques scientifiquement fondées

- Pour une évaluation satisfaisante des biocarburants, prendre en considération les informations à la fois sur :
  - les types spécifiques de produits et conditions de production, et
  - la consommation globale et l'utilisation des sols pour la biomasse
- Reconsidérer les mandats, objectifs, quotas actuels (limiter la demande à des niveaux qui peuvent être assurés durablement)
- Développer des programmes nationaux et régionaux de gestion des ressources
  - prenant en compte la protection du climat et de la biodiversité, la sécurité alimentaire et énergétique
  - qui considèrent l'utilisation des terres pour la consommation domestique (limiter les répercussions de charge)
- Utiliser des instruments économiques pour augmenter la productivité des ressources (ex. réformer les subventions, y compris celles sur les carburants fossiles)

## **Soutenir une utilisation durable des sols pour la production de biomasse**

Il faudra augmenter les rendements agricoles, à la fois pour les productions alimentaires et non-alimentaires. Le point clé est de mobiliser le potentiel dans les régions où les hausses de productivité ont pris du retard, comme en Afrique sub-saharienne.

Tandis qu'un certain nombre de mesures sont nécessaires pour surmonter les contraintes

actuelles, l'accélération de l'investissement étranger dans les cultures énergétiques peut amener un progrès rapide, bien que le bénéfice pour les populations locales risque de rester limité et devrait être surveillé.

Les cultures de plantes pérennes nécessitant peu d'intrants sont actuellement étudiées. Bien qu'elles puissent aider à réduire la pression sur la terre, l'eau et les intrants nécessaires, certains problèmes liés à la biodiversité et à l'utilisation des sols (si leur développement se fait sur des terres arables ou à haute valeur conservatoire) subsistent.

L'expansion des surfaces cultivées, que ce soit pour la production alimentaire ou non-alimentaire, ne doit pas se faire aux dépens d'écosystèmes naturels de grande valeur, et à la lumière des services fournis par les écosystèmes. Divers mécanismes sont en cours d'élaboration pour protéger ce genre de terre, par exemple en leur donnant une valeur économique, ou par un zonage agro-écologique comme il se pratique actuellement dans l'Amazonie brésilienne. Restreindre les nouveaux champs à des terres dégradées est une autre stratégie importante, mais de plus amples recherches sur les coûts et bénéfices environnementaux potentiels sont nécessaires.

Des directives complètes d'aménagement du territoire, qui prennent en compte l'agriculture, l'exploitation forestière, les implantations/infrastructures/mines et la préservation de la nature sont nécessaires au niveau régional, national et international, pour une utilisation durable des ressources. Les

Des directives complètes de gestion de l'utilisation des terres sont nécessaires au niveau régional, national et international.

Utilisation de l'obligation d'achat à prix garanti de l'électricité produite à partir de déchets et résidus, ou de mesures orientées vers le marché, comme la fixation de prix verts.

pays doivent pouvoir contrôler l'affectation actuelle et potentielle de leurs terres, en prenant en compte les impacts de la consommation nationale des ressources sur leur environnement et, si nécessaire, l'environnement global (y compris le changement global induit d'affectation des terres, et les émissions de GES qui s'ensuivent).

- Mobiliser les potentiels agricoles dans des régions en retard – augmenter les rendements sans impact environnemental et social important
- Limiter l'expansion des terres agricoles et diriger un nouveau développement sur des terres dégradées, en prenant en considération les impacts environnementaux et sociaux potentiels
- Etudier la culture de plantes pérennes nécessitant peu d'intrants pour limiter l'eutrophisation



## Soutenir une utilisation plus efficace de la biomasse

À l'avenir, des biocarburants avancés, comme les biocarburants cellululosiques dérivés de résidus de scieries, de paille ou de coque de maïs, pourront améliorer le rendement des ressources pour les biocarburants. Toutefois, de nouvelles recherches sont nécessaires pour évaluer le potentiel réel de ces filières, leurs impacts environnementaux, et leurs besoins en terres.

Puisque l'utilisation en applications stationnaires des biocarburants pour la production de chaleur, d'électricité et en cogénération est généralement plus efficace que l'utilisation pour le transport, des politiques peuvent être appliquées pour les soutenir préférentiellement.

Le micro-financement d'applications stationnaires est une approche souvent employée dans les pays en voie de développement, et la tarification incitative dans le cadre de l'obligation d'achat par les fournisseurs d'électricité est utilisée de manière extensive dans certains pays développés. Il faut étudier les possibles conséquences environnementales globales de l'augmentation de l'utilisation en applications stationnaires, en particulier concernant la demande croissante de produits forestiers à usage énergétique.

Dans plusieurs pays, des politiques ont été mises en place pour promouvoir le recyclage et l'efficacité énergétique de la gestion des déchets. On peut utiliser des tarifications

# des politiques scientifiquement fondées

Les niveaux de consommation doivent être réduits significativement pour que les biocarburants puissent se substituer aux carburants fossiles dans des proportions utiles.

incitatives pour soutenir l'entrée sur le marché d'une électricité produite à partir de déchets et de résidus, ou des mesures orientées vers le marché, comme la fixation de prix verts. Comme le critère de ce qui est «vert» est parfois défini de façon assez vague, de telles politiques doivent être basées sur une stratégie biomasse complète, qui prenne en compte à la fois l'utilisation matière et énergétique de la biomasse non-alimentaire.

- Promouvoir l'énergie issue des résidus/déchets plutôt que les cultures énergétiques
- Soutenir l'utilisation en cascade de la biomasse
- Promouvoir l'utilisation de la bioénergie en application stationnaire plutôt que pour le transport

## **Augmenter la productivité énergétique et matériaux dans les transports, l'industrie et les foyers**

Les ressources globales ne permettent pas de passer simplement des ressources fossiles à la biomasse, tout en maintenant les schémas actuels de consommation. Au lieu de cela, le niveau de consommation doit être significativement réduit, pour que les biocarburants puissent se substituer aux carburants fossiles dans des proportions utiles. Pour que cela survienne, il faudra augmenter sensiblement le rendement des ressources en termes de services apportés

par unité de matière première, d'énergie et de terre mobilisée. Pour ce faire, plusieurs pays développés, pays en voie de développement et organisations internationales ont formulé des objectifs pour augmenter la productivité des ressources (Facteur X).

Concevoir un cadre politique en mettant en place des incitations pour une utilisation plus productive des ressources pourrait s'avérer plus efficace et rapide que la régulation et l'aide à des technologies spécifiques. Par exemple, des instruments économiques comme les taxes sur les carburants pour les transports, ont réduit la consommation globale de carburant et les émissions de GES dans certains pays.

Les pays en voie de développement doivent faire face au défi de trouver un équilibre entre l'augmentation de leur approvisionnement en énergie et l'amélioration de son accès d'une part, et des impacts environnementaux croissants d'autre part. L'augmentation de la productivité énergétique et matériaux est censée permettre d'approcher cet équilibre. Par exemple, la Chine s'est fixée un objectif ambitieux d'amélioration de sa productivité énergétique, par la réduction de son intensité énergétique de 20% entre 2005 et 2010.

La recherche d'alternatives doit aller au-delà des carburants alternatifs. Les industries automobiles doivent faire face au défi de réduire drastiquement la consommation de carburant des flottes automobiles qu'elles produisent. Certains pays ont fixé des normes en ce sens. Le secteur

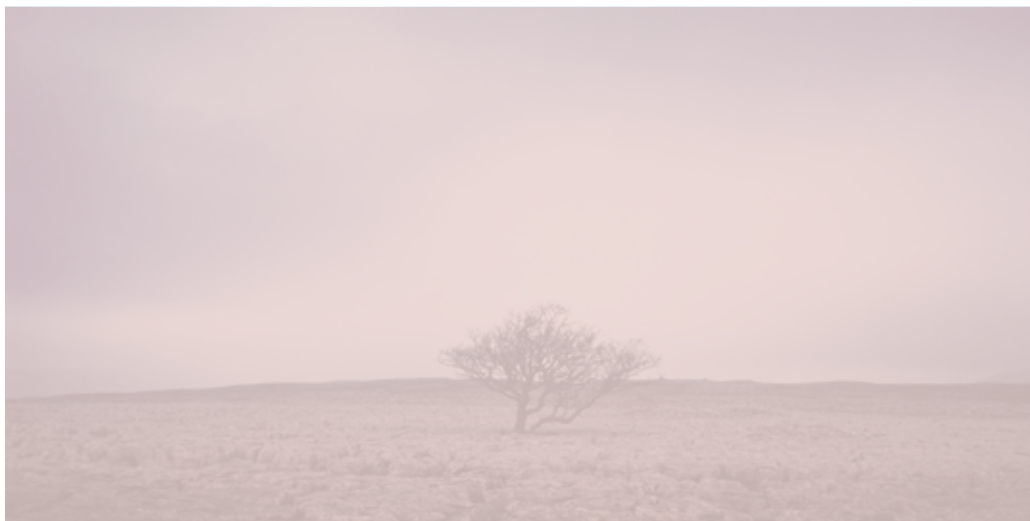
Des incitations à une utilisation plus productive des ressources pourraient être plus efficaces et rapides que la régulation et l'aide à des technologies spécifiques.

automobile a également intérêt à réduire la consommation de carburant et les émissions de GES de ses produits.

Une action concertée tirerait le développement mondial plus vite dans le sens de la durabilité. Une étape décisive à cette fin pourrait être un engagement volontaire total des industries automobiles mondiales, de réduire les émissions de GES et les besoins en ressources de leurs produits dans des proportions significatives au cours des années à venir, et à évoluer dans le sens de la fourniture de services de mobilité.

- Limiter la demande globale de biomasse et d'énergie, en particulier augmenter l'efficacité des véhicules en termes de carburant, et favoriser le transfert modal.

En définitive, diverses stratégies et mesures peuvent être employées pour développer des politiques susceptibles de contribuer efficacement à une utilisation plus efficiente et durable de la biomasse et d'autres ressources.





# abréviations, acronymes et unités

## Abréviations et acronymes

BtL	biomass to liquid (de la biomasse en liquide)
CHP	chaleur et électricité combinées
UE	Union européenne
FAO	Food and Agriculture Organization (Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture)
FT	Fisher-Tropsch
GFEC	consommation mondiale finale d'énergie
GES	gaz à effet de serre
GWP	potentiel de réchauffement global
IFEU	Institute for Energy and Environmental Research (Institut pour la recherche énergétique et environnementale)
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change (Groupe d'experts intergouvernemental sur le changement climatique)
ACV	analyse de cycle de vie
OCDE	Organisation pour la Coopération et le Développement Economique
RFA	Renewable Fuels Agency (Agence sur les carburants renouvelables)
RSB	Roundtable on Sustainable Biofuels (Table ronde sur les bio-carburants durables)

SCOPE	Scientific Committee on Problems of the Environment (Comité scientifique sur les problèmes environnementaux)
UNEP	United Nations Environment Programme (Programme des Nations Unies pour l'Environnement)

## Unités

a	an
CO <sub>2</sub> eq	équivalent dioxyde de carbone
EJ	exajoule (10 <sup>18</sup> joules)
Gt	gigatonne (10 <sup>9</sup> tonnes)
GW	gigawatt (10 <sup>9</sup> watts)
ha	hectare
Mha	million d'hectares
p.a.	par an
t	tonne

## Abréviations chimiques

CO <sub>2</sub>	dioxyde de carbone
EtOH	éthanol
N <sub>2</sub> O	oxyde nitreux

[www.unep.org](http://www.unep.org)

United Nations Environment Programme  
P.O. Box 30552 Nairobi, Kenya  
Tel: ++254-(0)20-762 1234  
Fax: ++254-(0)20-762 3927  
E-mail: [unep@unep.org](mailto:unep@unep.org)



**Ce rapport** a été produit par le Groupe de Travail du Panel International d'Experts pour la Gestion Durable des Ressources. Il présente une vue d'ensemble des problèmes clés et perspectives en vue d'une production et consommation durables des biocarburants. Il est basé sur une revue approfondie de la littérature, qui prend en compte les principales synthèses récemment publiées. L'attention est portée sur les biocarburants de première génération alors que les voies de développement sont également considérées.

Dans le contexte global d'un effort accru en vue d'une utilisation plus productive des ressources, les options disponibles pour une production plus durable et efficace des biocarburants sont examinées. En particulier, « l'usage moderne de la biomasse » pour des raisons énergétiques, tel que l'utilisation de la biomasse dans le cadre de la cogénération de chaleur et d'électricité et des biocarburants liquides pour le transport, est analysé à la lumière des usages de la biomasse dans le cadre de la production de biens alimentaires et matériels.

Alors que l'amélioration de l'efficacité de la production de biomasse joue un rôle certain dans la perspective de l'objectif de durabilité, les progrès dépendront au final d'une utilisation plus efficace des ressources biotiques (et abiotiques) (par exemple à travers des économies d'essence de la flotte automobile), bien que le présent rapport n'ait pas pour objet d'examiner l'ensemble des stratégies pertinentes pour atteindre cet objectif (telles que les changements des modes d'alimentation trop riches en viande et la réduction des gaspillages alimentaires).