



# ALIMENTS «ÉNERGÉTIQUEMENT INTELLIGENTS» POUR LES GENS ET LE CLIMAT

## BRÈVE ANALYSE

**ALIMENTS «ÉNERGÉTIQUEMENT  
INTELLIGENTS» POUR  
LES GENS ET LE CLIMAT**  
Brève Analyse

ORGANISATION DES NATIONS UNIES POUR L'ALIMENTATION ET L'AGRICULTURE

2011



Les appellations employées dans ce produit d'information et la présentation des données qui y figurent n'impliquent de la part de l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO) aucune prise de position quant au statut juridique ou au stade de développement des pays, territoires, villes ou zones ou de leurs autorités, ni quant au tracé de leurs frontières ou limites. La mention de sociétés déterminées ou de produits de fabricants, qu'ils soient ou non brevetés, n'entraîne, de la part de la FAO, aucune approbation ou recommandation desdits produits de préférence à d'autres de nature analogue qui ne sont pas cités.

Les opinions exprimées dans produit d'information sont celles du/des auteur(s) et ne reflètent pas nécessairement celles de la FAO.

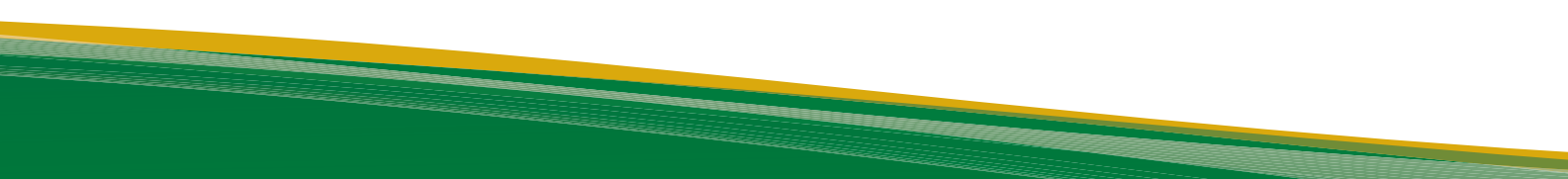
Tous droits réservés. La FAO encourage la reproduction et la diffusion des informations figurant dans ce produit d'information. Les utilisations à des fins non commerciales seront autorisées à titre gracieux sur demande. La reproduction pour la revente ou à d'autres fins commerciales, y compris à des fins didactiques, pourra être soumise à des frais. Les demandes d'autorisation de reproduction ou de diffusion de matériel dont les droits d'auteur sont détenus par la FAO et toute autre requête concernant les droits et les licences sont à adresser par courriel à l'adresse [copyright@fao.org](mailto:copyright@fao.org)

ou au

Chef de la Sous-Division des politiques et de l'appui en matière de publications  
Bureau de l'échange des connaissances, de la recherche et de la vulgarisation  
FAO  
Viale delle Terme di Caracalla  
00153 Rome  
Italie

© FAO 2011

Photos de couverture:  
©FAO/Giuseppe Bizzarri  
©FAO/Giampiero Diana



## Remerciements

Le présent rapport a été rédigé par Ralph E. H. Sims (de l'Université de Massey, Nouvelle Zélande). Le projet a été développé par Olivier Dubois (Division du climat, de l'énergie et des régimes fonciers du Département de la gestion des ressources naturelles et de l'environnement de la FAO), qui a également apporté une contribution importante au texte du rapport, ainsi que d'autres collègues de la même division. Alessandro Flammini a compilé et analysé les données; il a aussi participé à la rédaction du rapport avec Erika Felix et Anne Bogdanski. Des commentaires très utiles ont été fournis par des collègues de la FAO travaillant dans d'autres départements: Francis Chopin, Theodor Friedrich, Peter Holmgren, Josef Kienzle, Michela Morese, David Muir, Jonathan Reeves et Peter Steele. Martina Otto (du Programme des Nations Unies pour l'environnement, PNUE), le Prof. Ravindranath (de l'Institut indien pour les Science), Uwe Schneider (de l'Université de Hambourg) et Pete Smith (de l'Université d'Aberdeen) ont aussi fourni des indications précieuses.

***«L'Assemblée générale des Nations Unies a proclamé l'année  
2012 Année internationale de l'énergie durable pour tous.  
Des initiatives sont prises par les États Membres et les  
organisations internationales pour créer, à tous les niveaux,  
des conditions propices à la promotion de l'accès à l'énergie  
et aux services énergétiques et à l'utilisation de technologies  
relatives aux énergies nouvelles et renouvelables.»***

Le Secrétaire général des Nations Unies  
(Assemblée générale des Nations Unies, 2011).

# TABLE DES MATIÈRES

Sigles et abréviations	II
<b>RÉSUMÉ</b>	<b>III</b>
<b>1. Introduction</b>	<b>1</b>
1.1 Les principaux défis	3
1.2 Les problèmes majeurs	3
1.3 Les différentes échelles des systèmes agro-alimentaires	5
1.4 But et objectifs	8
<b>2. Intrants en énergie pour les filières agro-alimentaires et émissions de GES</b>	<b>10</b>
2.1 Énergie pour la production primaire	14
2.2 Séchage, refroidissement et stockage	17
2.3 Transport et distribution	17
2.4 Transformation des aliments	18
2.5 Vente au détail, préparation et cuisson	19
<b>3. Améliorer l'utilisation efficace de l'énergie en devenant énergétiquement intelligents</b>	<b>21</b>
3.1 À l'exploitation	23
3.2 En-dehors de l'exploitation	26
3.3 Énergie liée aux pertes et aux gaspillages alimentaires	29
<b>4. Approvisionnement énergétique venant du secteur alimentaire</b>	<b>32</b>
4.1 Systèmes à énergies renouvelables dans la filière agro-alimentaire	33
4.2 Impacts du changement climatique sur les énergies renouvelables	37
4.3 Démarches prometteuses pour les systèmes agricoles énergétiquement intelligents	38
<b>5. Accès à l'énergie pour assurer les moyens d'existence dans les systèmes agro-alimentaires</b>	<b>42</b>
<b>6. Options politiques</b>	<b>45</b>
6.1 Atténuation du changement climatique	45
6.2 Agriculture	46
6.3 Efficacité énergétique	48
6.4 Énergies renouvelables	50
6.5 Accès à l'énergie	52
6.6 Lacunes des connaissances	53
<b>7. Conclusions et recommandations</b>	<b>55</b>
7.1 Quels rôles pour l'efficacité énergétique et les énergies renouvelables?	55
7.2 Voies futures menant à des systèmes énergétiquement intelligents	56
7.3 Recommandations sur la voie à suivre en matière de politiques	56
<b>Bibliographie</b>	<b>58</b>
<b>Annexe 1. Émissions de gaz à effet de serre</b>	<b>69</b>
<b>Annexe 2. Intrants en énergie, intensités de la demande, sources d'énergie renouvelables et possibilités d'exportation de l'énergie pour une gamme d'exploitations de production primaire typiques (Tableau tiré de giec, 2011c)</b>	<b>70</b>
<b>Annexe 3. Actions du gouvernement visant à réduire les besoins énergétiques du secteur agro-alimentaire - étude de cas sur 40 ans en nouvelle zélande.</b>	<b>72</b>

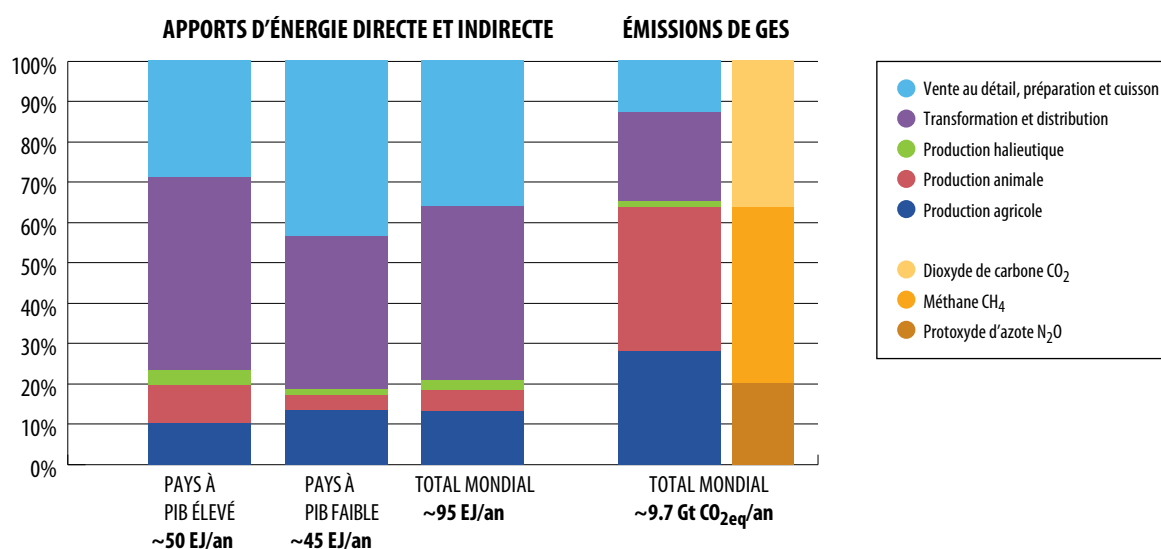
## Sigles et abréviations

AC	Agriculture de conservation
ACV	Analyse du cycle de vie
AIE	Agence internationale de l'énergie
CCNUCC	Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques
CFC	Chlorofluorocarbones
CME	Conseil mondial de l'énergie
CO <sub>2</sub>	Dioxyde de carbone
DECC	Département pour l'énergie et les changements climatiques, Royaume-Uni
DEFRA	Département pour l'environnement, l'alimentation et les affaires rurales, Royaume-Uni
DMS	Déchets municipaux solides
EJ	Exajoule (10 <sup>18</sup> Joules)
FAO	Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture
FEM	Fonds pour l'environnement mondial
GES	Gaz à effet de serre
GIEC	Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat
GJ	Gigajoule (10 <sup>9</sup> Joules)
GPL	Gaz de pétrole liquéfié
GPS	Système de positionnement mondial
IDC	Intensification durable des cultures
MAAN	Mesures d'atténuation appropriées au niveau national
Mha	Million d'hectares (10 <sup>6</sup> ha)
MJ	Mégajoule (10 <sup>6</sup> Joules)
Mt	Mégatonne (10 <sup>6</sup> t)
MW	Mégawatt (10 <sup>6</sup> W)
NMPE	Normes minimales de performance énergétique
OCDE	Organisation de coopération et de développement économiques
OMD	Objectifs du Millénaire pour le développement
PCCE	Production combinée chaleur-électricité
PIB	Produit intérieur brut
PV	Photovoltaïque
RD&D	Recherche, développement et démonstration
SIAE	Systèmes intégrés aliments-énergie

# RÉSUMÉ

La communauté internationale se penche de plus en plus sur la dépendance croissante du secteur alimentaire mondial<sup>1</sup> vis-à-vis des combustibles fossiles. Cette inquiétude est aggravée par des projections de la FAO indiquant que, d’ici à 2050, la production alimentaire devra augmenter de 70 pour cent pour satisfaire la demande croissante de vivres, et que cette augmentation sera principalement obtenue par l’accroissement des rendements. L’utilisation des combustibles fossiles par le secteur agricole a contribué de façon importante à nourrir le monde au cours des dernières décennies. L’énergie tirée des combustibles fossiles a fait progresser la mécanisation agricole, stimulé la production d’engrais, et amélioré la transformation et le transport des denrées alimentaires. Toutefois, si l’approvisionnement peu coûteux en combustibles fossiles n’était plus disponible à l’avenir, les possibilités d’accroître la productivité agricole pourraient se trouver fortement limitées.

Actuellement, le secteur agro-alimentaire représente environ 30 pour cent de la consommation totale d’énergie au niveau mondial. Les pays à PIB élevé utilisent une fraction plus importante de cette énergie pour la transformation et le transport, tandis que dans les pays à PIB faible, c’est la cuisine qui représente la plus grande partie de cette consommation (Fig. ES1). Dans l’ensemble, le secteur agro-alimentaire contribue pour plus de 20 pour cent aux émissions totales de gaz à effet de serre (GES) (voir fig. ES1). La production primaire agricole et halieutique<sup>2</sup> représente environ un cinquième de la consommation totale du secteur mais émet deux tiers des GES mondiaux. Le grand défi que le monde doit relever aujourd’hui est de développer des systèmes alimentaires mondiaux qui émettent moins de GES, disposent d’un approvisionnement sûr en énergie, et soient en mesure de répondre aux fluctuations du prix de l’énergie en assurant, en même temps, la sécurité alimentaire et le développement durable.



**Figure ES 1.** Répartition indicative de la consommation finale d’énergie dans les pays à PIB faible/élevé, du total mondial et des émissions correspondantes de GES de la filière agro-alimentaire.

**NOTE:** Les analyses de la FAO sont fondées sur les meilleures données disponibles. Cependant, quelques-unes de ces données sont parfois peu fiables, incomplètes et dépassées. Les résultats doivent donc être considérés comme indicatifs et être interprétés avec prudence.

1 Dans ce rapport, les termes «secteur alimentaire», «système agroalimentaire» et «filiale agroalimentaire» sont utilisés de façon interchangeable. Ils se réfèrent à toutes les étapes de la filière, depuis la production au niveau de l’exploitation agricole (y compris les contributions à la fabrication) jusqu’à la table du consommateur.

2 Dans ce cas la production primaire inclut l’agriculture, l’élevage pastoral et intensif, l’aquaculture et la pêche.



D'après une récente étude de la FAO, environ un tiers des aliments que nous produisons n'est pas consommé. Or, une partie importante des apports, ou intrants, totaux d'énergie est liée à ces pertes. Dans les pays à PIB faible, la plupart des pertes alimentaires se produisent pendant la récolte et le stockage. Dans les pays à PIB élevé, les pertes alimentaires surviennent principalement pendant les étapes de la filière agro-alimentaire concernant la vente, la préparation, la cuisson et la consommation des aliments.

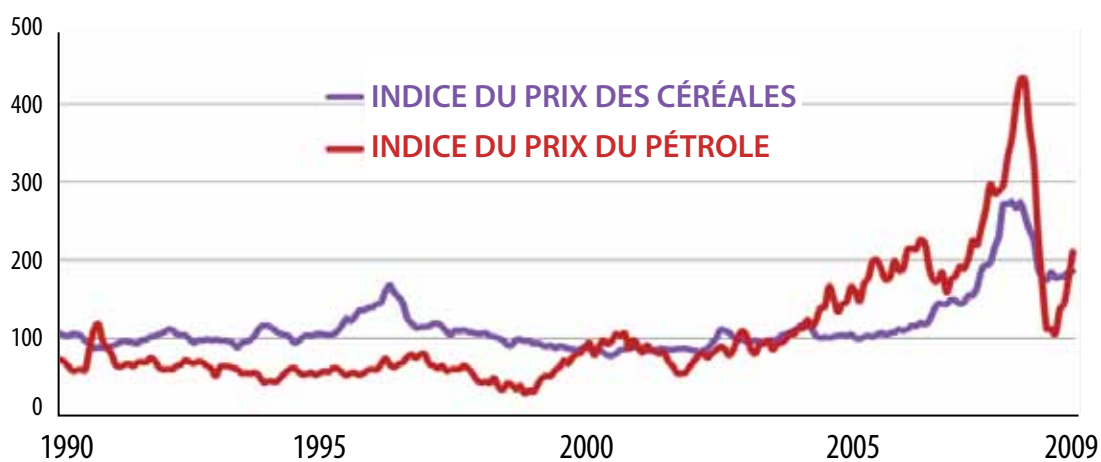
L'objectif de ce document est d'expliquer comment l'ensemble du secteur alimentaire, depuis le champ de l'agriculteur jusqu'à l'assiette du consommateur, peut devenir plus intelligent sur le plan énergétique.

Pour devenir énergétiquement intelligent, il faudra opérer une transformation le long de toute la filière agro-alimentaire. Plus particulièrement, il faudra:

- s'appuyer plus sur des systèmes énergétiques sobres en carbone et utiliser l'énergie de manière plus efficiente;
- renforcer le rôle des énergies renouvelables au sein des systèmes agro-alimentaires;
- élargir l'accès aux services énergétiques modernes pour le développement;
- faciliter, dans le même temps, la réalisation des objectifs nationaux de sécurité alimentaire et de développement durable.

En outre, le document fournit des exemples de pratiques énergétiquement intelligentes à l'intention des petites ou grandes entreprises et couvre l'ensemble du secteur alimentaire.

Le prix des matières premières est généralement indexé sur le prix de l'énergie: lorsque le prix de l'énergie fluctue et augmente, le prix des denrées alimentaires fait de même (voir fig. ES2).



**Figure ES2.** Évolution comparée des indices des prix des produits agricoles et du pétrole de 1990 à 2009 (avec 2004 comme date de référence) (Kim, 2010).

Pour découpler l'accroissement de la production alimentaire de l'utilisation des combustibles fossiles, il faudra introduire des changements fondamentaux dans les systèmes agro-alimentaires mondiaux. D'autres analyses sont nécessaires pour savoir dans quelle mesure le passage vers un secteur alimentaire moins dépendant des combustibles fossiles peut influencer sur la sécurité alimentaire, le prix des denrées alimentaires, l'accès à l'énergie, la résilience aux changements climatiques, l'adoption de technologies et le renforcement des capacités.

*Réduire la demande d'énergie.* Si le prix de l'énergie continue d'augmenter, le secteur alimentaire mondial sera exposé à des risques accrus et percevra moins de bénéfices. Les actions menées par les pays à PIB faible, qui essayent d'obtenir une augmentation de la productivité et de l'efficacité des systèmes agro-alimentaires à petite et grande échelle, comme les pays à PIB élevé, pourraient être entravées par les coûts élevés de l'énergie. Une diminution des apports d'énergie dans des secteurs indispensables, tels que la mécanisation agricole, le transport, le chauffage, la production d'électricité et d'engrais, permettrait au secteur alimentaire d'atténuer les risques liés à sa dépendance envers les combustibles fossiles. Les pratiques de production et de transformation existantes en amont et en aval de l'exploitation agricole peuvent être adaptées pour devenir moins énergétivores sur le plan de la consommation d'énergie par unité d'aliment produite et, en même temps, livrer les produits alimentaires d'une manière sûre et durable sur le plan environnemental. Les méthodes pour améliorer l'efficacité énergétique sont relativement bien comprises. Cependant, elles devraient être appliquées uniquement si elles ne ralentissent pas la productivité, ne limitent pas l'accès à l'énergie et ne menacent pas les moyens d'existence des populations rurales. Une simple réduction de 10 pour cent dans les pertes alimentaires et la modification des régimes alimentaires pour y inclure, par exemple, des produits plus frais et d'origine locale, favoriseraient une baisse de la demande globale d'énergie, d'eau et de terres. Ces modifications, par contre, demandent du temps car elles supposent des changements importants de comportement et posent des défis sociaux immenses.

*Systèmes à énergies renouvelables.* En augmentant la diffusion et la consommation d'énergies renouvelables locales pendant les étapes de la production et de la transformation de la filière agro-alimentaire, on peut:

- favoriser l'accès à l'énergie, notamment dans les zones rurales;
- réduire la dépendance du secteur alimentaire envers les combustibles fossiles;
- dissiper les préoccupations liées à la sécurité énergétique;
- diversifier les revenus générés par l'agriculture et la transformation alimentaire;
- atténuer les émissions de GES;
- contribuer à la réalisation des objectifs de développement durable.

Les ressources éoliennes, solaires, hydrauliques, géothermales et de la biomasse sont souvent largement disponibles dans les exploitations agricoles. De plus, les conditions sont en place pour produire de la bioénergie dans les usines de transformation des aliments. À l'avenir, on pourra probablement aussi exploiter l'énergie des océans pour la pêche. L'application de technologies utilisant des énergies renouvelables, y compris la bioénergie, pour la production décentralisée de chaleur et d'électricité, ainsi que pour la production de carburants pour le transport, est réalisable dans les pays à PIB faible et élevé. Ces technologies offrent la possibilité de produire de l'énergie utilisable sur place et de générer des revenus supplémentaires en revendant ou en exportant hors site de production l'énergie excédentaire. La production des aliments associée à la génération d'énergie renouvelable est possible tant au niveau de la subsistance qu'à petite et à grande échelle, et peut apporter des avantages supplémentaires pour les agriculteurs, les propriétaires fonciers, les entreprises et les communautés rurales. Les systèmes intégrés aliments-énergie (SIAE) qui font le lien entre production vivrière, gestion des ressources naturelles et lutte contre la pauvreté dans la chaîne de valeur agro-alimentaire sont des exemples potentiels de démarche intégrée au niveau des paysages en matière d'agriculture durable. À cet égard, il faudra effectuer des analyses complémentaires pour évaluer la contribution de ces systèmes à la production énergétiquement intelligente d'aliments avant de pouvoir formuler des recommandations définitives.

*Meilleur accès à l'énergie.* La fourniture de services énergétiques de base est indispensable pour la réalisation de nombreux objectifs du Millénaire pour le développement (OMD). Il est reconnu que les systèmes agro-alimentaires des pays à PIB faible devront utiliser plus d'énergie s'ils doivent augmenter la

production vivrière et améliorer les moyens d'existence des agriculteurs, des pêcheurs et de leurs familles. L'adoption de systèmes agro-alimentaires énergétiquement intelligents contribuerait à faire en sorte que les familles rurales démunies puissent s'approvisionner en énergie durable à des prix accessibles, ce qui aurait pour effet d'améliorer la santé publique et d'offrir d'autres moyens d'existence grâce à l'amélioration de la réfrigération, des communications et du transport vers les marchés.

*Mesures politiques propices.* Des politiques d'appui solides et à long terme, ainsi que des arrangements institutionnels multi-acteurs novateurs, sont indispensables si le secteur alimentaire doit devenir énergétiquement intelligent pour les ménages et les grandes entreprises. Par ailleurs, la mise en place de mécanismes financiers appuyant le déploiement de l'efficacité énergétique et des énergies renouvelables sera également nécessaire pour faciliter le développement de systèmes agro-alimentaires énergétiquement intelligents. Il existe de nombreux exemples d'instruments politiques plus rentables et de modèles d'entreprise inclusifs ayant contribué avec succès au développement du secteur alimentaire. Ces instruments politiques représentatifs devront être sensiblement renforcés en vue de parvenir à une démarche intersectorielle internationale au niveau des paysages. À cet effet, il faudra:

- investir dans la recherche appliquée au développement;
- déployer les technologies appropriées;
- introduire, partager et adapter les technologies énergétiquement intelligentes;
- établir des mécanismes de soutien fiscal;
- renforcer les capacités, fournir des services en matière d'accompagnement, ainsi que des activités d'apprentissage et de formation.

Sans l'allocation appropriée de ressources financières et humaines, un milieu politique favorable a peu de chances de réussir à implanter des systèmes agro-alimentaires énergétiquement intelligents.

*La voie à suivre.* Aborder le lien aliments-énergie-climat représente un défi important et complexe qui justifie de déployer des efforts considérables et soutenus à tous les niveaux de la gouvernance: local, national et international. Ce rapport recommande la création d'un programme multi-partenaires ambitieux à long terme intitulé «Aliments énergétiquement intelligents pour les gens et le climat», en tant que composante indispensable d'une «agriculture intelligente face au climat»<sup>3</sup>, axé sur les trois piliers suivants:

- assurer l'accès à l'énergie;
- améliorer l'efficacité énergétique;
- remplacer les actuelles sources d'énergie à travers la plus grande utilisation de systèmes à énergie renouvelable.

Dans le cadre de ce programme, il serait utile que les gouvernements locaux et nationaux élaborent et mettent en œuvre des politiques ou mesures qui associent la sécurité alimentaire à la sécurité énergétique pour favoriser la réalisation des objectifs de développement durable et d'une «agriculture intelligente face au climat».

---

3 L'agriculture intelligente face au climat est une agriculture qui cherche simultanément à: augmenter la productivité agricole et les revenus de manière durable; s'adapter aux changements climatiques tout en améliorant la résilience des moyens d'existence et des écosystèmes; réduire ou éliminer les émissions de GES.

# 1. Introduction

La communauté internationale se penche de plus en plus sur la forte dépendance du secteur alimentaire mondial<sup>4</sup> envers les combustibles fossiles. Au cours des dernières décennies, on a pu constater la nécessité d'une transition vers un modèle différent de production alimentaire, plus axé sur le développement rural, la compatibilité écologique et la qualité (Arizpe, et al, 2011).

Le secteur alimentaire mondial est tributaire des intrants en énergie. Les flux d'énergie naturelle émanant du soleil et des différentes formes d'énergie chimique biologiquement stockées dans le sol ou l'océan sont indispensables à la croissance des plantes pour assurer la production vivrière, halieutique et de fibres. Ces flux naturels ne seront, toutefois, pas examinés dans ce rapport. En général dans la production agricole, l'homme utilise des intrants externes d'énergie pour favoriser les processus naturels afin que des sols ou des plans d'eau spécifiques produisent plus que ce qu'ils ne feraient. Les pratiques visant l'accroissement de la production varient selon les pays et les cultures, mais toutes impliquent l'apport d'énergie auxiliaire dans les systèmes naturels. Cette énergie auxiliaire peut prendre différentes formes: le travail humain, la traction animale, les combustibles fossiles, les énergies renouvelables, ou l'énergie mécanique venant de la consommation de carburants liquides dans les moteurs. Au cours du siècle dernier, la demande de vivres d'une population mondiale en pleine expansion a été satisfaite, du moins en partie, grâce au recours accru aux combustibles fossiles à toutes les étapes du système agro-alimentaire. Les produits pétroliers alimentent les moteurs des navires, des tracteurs et d'autres véhicules pour le transport de vivres. Le gaz naturel est utilisé pour fabriquer des engrais et des pesticides chimiques. Les combustibles fossiles sont brûlés pour générer l'électricité et la chaleur utilisées dans la transformation, la réfrigération et le conditionnement. De nombreux combustibles sont utilisés en cuisine. C'est cette dépendance accrue des systèmes agro-alimentaires mondiaux vis-à-vis des combustibles fossiles qui inspire de vives inquiétudes.

On prévoit que, d'ici 2030, la croissance démographique et économique provoquera une augmentation de 40 pour cent de la demande mondiale en énergie et en eau (AIE, 2010; WEF, 2011). La demande de vivres, elle, augmentera de 50 pour cent et sera obtenue principalement à travers un accroissement des rendements (Bruisma, 2009). Des problèmes tels que les changements climatiques, la disponibilité limitée de terres productives, et les fortes pressions auxquelles sont déjà soumises les ressources naturelles, accentuent encore plus la difficulté de faire face à ces exigences. L'ampleur et la complexité de cette tâche, associée à l'impératif d'une action urgente, expliquent l'importance actuellement accordée au lien énergie-eau-aliments-climat. Cette combinaison de facteurs aura des répercussions sur l'utilisation des terres, l'achat de terrains et l'environnement au niveau local, national et mondial. Afin de relever ces défis, l'économie mondiale devra faire une transition importante vers un nouveau modèle pour s'éloigner du statu quo. Ce nouveau paradigme agro-économique est expliqué de façon approfondie dans le rapport de la FAO Épargner et Produire (FAO, 2011a). En d'autres termes, il faudra épargner pour produire. Pour que cette transition ait lieu, les parties prenantes à tous les niveaux du secteur alimentaire mondial devront adopter de nouvelles stratégies de production agricole et halieutique, développer des technologies novatrices appropriées, et formuler des politiques ou des arrangements institutionnels innovants.

La transition vers une agriculture sobre en carbone et intelligente sur le plan climatique favorisera la mise en place d'une «économie verte», améliorera le bien-être humain et l'équité sociale tout en réduisant de manière importante les risques environnementaux et la pénurie de ressources (PNUE, 2011). Une telle transition signifie:

<sup>4</sup> Dans ce rapport, les termes «secteur alimentaire», «système agroalimentaire» et «filière agroalimentaire» sont utilisés de façon interchangeable. Ils indiquent toutes les étapes de la filière, depuis la production au niveau de l'exploitation agricole (y compris les contributions à la fabrication) jusqu'à la table du consommateur.

- adopter des méthodes d'exploitation agricole plus respectueuses de l'environnement, qui améliorent considérablement les rendements des exploitants de subsistance;
- améliorer l'accès à l'eau potable et optimiser l'utilisation de l'eau;
- promouvoir la gestion efficace des ressources naturelles et de l'énergie;
- remplacer les combustibles fossiles par des ressources sobres en carbone et des technologies d'énergie propre;
- réduire les pertes et le gaspillage le long de la filière agro-alimentaire.

Tous les points précédents ont rapport aux questions de développement durable examinées dans ce rapport. Il faut cependant souligner que la filière agro-alimentaire, et notamment le secteur de la production primaire<sup>5</sup>, est un système complexe qui repose sur des sols sains, un approvisionnement en eau adéquat et une gestion prudente des ressources.

Le concept d'intensité énergétique est introduit pour mesurer l'efficacité en matière d'utilisation d'énergie dans la filière agro-alimentaire. Dans ce rapport, l'intensité d'énergie, ou intensité énergétique, indique la quantité d'énergie consommée par unité d'aliment produite (mégajoules par tonne d'aliment produite). En traitant la situation énergétique de l'ensemble du secteur agro-alimentaire, ce rapport vise à identifier les solutions pour baisser l'intensité énergétique, réduire les pertes alimentaires et augmenter l'utilisation des énergies renouvelables au niveau local. Toute tentative de réduire les apports d'énergie dans ce secteur ou de générer des approvisionnements en énergie à partir du secteur qui serait néfaste pour la productivité, les activités de transformation ou la qualité des denrées alimentaires, doit être évitée.

Le rapport examine les difficultés mentionnées précédemment et propose des moyens pratiques pour les surmonter. L'accent a été mis sur l'énergie en relation avec les systèmes agro-alimentaires et le développement rural. La FAO ayant préconisé l'élaboration de politiques nationales pour stimuler l'intégration de l'énergie au secteur agricole depuis plus de dix ans (FAO, 2000), ce rapport élargi la question dans le but de couvrir l'ensemble du système agro-alimentaire et de la filière agro-alimentaire commerciale, à savoir:

- la production agricole, halieutique, et d'aliments pour animaux;
- la fabrication de tracteurs, de matériels, d'équipements, d'engrais minéraux et de produits agrochimiques;
- la réalisation d'infrastructures;
- les opérations post-récolte;
- le stockage et la transformation des aliments;
- le transport et la distribution;
- la vente au détail, la préparation et la consommation.

Le secteur alimentaire représente environ 30 pour cent de la consommation totale mondiale d'énergie primaire. La consommation d'énergie se décompose normalement en énergie directe et énergie indirecte. L'énergie directe est utilisée au niveau opérationnel principalement dans les exploitations et les usines de transformation pour, par exemple, l'irrigation, la préparation des sols et la récolte. L'énergie indirecte, par contre, n'est pas directement consommée pour faire fonctionner une exploitation, une usine de transformation ou pour la pêche: elle inclut l'énergie utilisée pour fabriquer les intrants (matériels, engrais, pesticides).

Dans ce rapport, on fera la distinction entre énergie (directe et indirecte) **pour** (utilisée dans) la filière agro-alimentaire et énergie **de** (produite par) la filière agro-alimentaire. L'énergie de la filière agro-alimentaire inclut l'énergie renouvelable produite dans les exploitations agricoles ou dans les unités de transformation.

<sup>5</sup> Par production primaire on entend l'agriculture, l'élevage pastoral et intensif, l'aquaculture et la pêche.

Ce type d'énergie renouvelable comprend l'énergie solaire, l'énergie éolienne, la petite énergie hydraulique et la bioénergie. Elle peut être utilisée sur place pour remplacer les intrants d'énergie directe achetés, ou être vendue hors site en générant des revenus supplémentaires pour l'agriculteur ou l'usine de transformation.

Le rapport aborde également le problème des pertes alimentaires le long de toute la filière agro-alimentaire pour souligner qu'éviter ce gaspillage déterminera une baisse de la demande en terres, en eau ou en énergie, ainsi qu'une diminution des émissions de GES<sup>6</sup>. La production forestière et l'industrie de transformation des produits ligneux n'ont pas été prises en compte, à l'exception des sous-produits ligneux de la biomasse pouvant être utilisés pour fournir de l'énergie au secteur alimentaire, ou des systèmes agro-forestiers en milieu rural. Le commerce international et les «food miles» non plus ne seront pas examinés dans le détail, ainsi que les questions relatives aux impacts de l'utilisation et de la gestion de l'énergie sur la qualité de l'eau, les éléments nutritifs des sols, les réserves d'eau souterraine, la biodiversité ou la gestion d'une exploitation agricole, à moins qu'il n'y ait une relation directe avec les technologies d'approvisionnement en énergie.

## 1.1 Les principaux défis

- L'augmentation future attendue des prix du pétrole et du gaz naturel, ainsi que le sentiment d'insécurité lié à la disponibilité limitée de ces ressources non renouvelables (AIE, 2010), associé au consensus mondial sur la nécessité de réduire les émissions de GES, pourraient miner l'action menée à l'échelle mondiale pour augmenter le volume et la qualité des approvisionnements alimentaires en vue de satisfaire la demande croissante de vivres.
- Les systèmes agro-alimentaires locaux, à petite et à grande échelle, devront augmenter leur production alimentaire essentiellement à travers l'accroissement de la productivité. Avec le temps, cela exigera d'améliorer l'accès aux services énergétiques modernes pour assurer la subsistance des agriculteurs et des communautés rurales.
- Dans les prochaines décennies, le système agro-alimentaire mondial devra assurer un approvisionnement alimentaire suffisant, sûr et intelligent sur le plan climatique. Les pertes qui surviennent le long de la filière agro-alimentaire – correspondant actuellement à un tiers environ des vivres totaux produits – devront être réduites à travers des mesures politiques, institutionnelles et financières appropriées.
- Pour que l'ensemble de la filière agro-alimentaire devienne «énergétiquement intelligente<sup>7</sup>» et soit moins tributaire des combustibles fossiles, il faudra mettre en place des politiques et des organismes nouveaux, sensibiliser et éduquer les populations, changer les comportements, et investir de façon importante dans les technologies à énergie propre.

## 1.2 Les principaux problèmes connexes

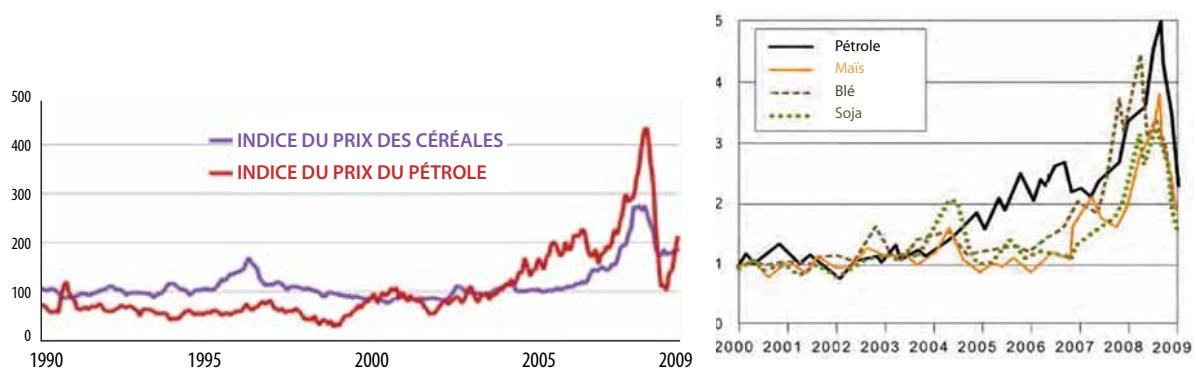
- *Augmentation de la demande alimentaire.* La «révolution verte» des années 60 et 70 qui a résolu le problème de la pénurie alimentaire de l'époque, a été réalisée en améliorant la sélection végétale, en multipliant l'application d'engrais minéraux, en étendant les terres irriguées et en augmentant les apports d'énergie pour offrir des services complémentaires le long de la filière agro-alimentaire. De nos jours, la

6 Le rapport est axé sur l'atténuation des émissions de CO<sub>2</sub> liées à l'énergie. Pour des analyses plus détaillées sur l'atténuation de CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O et HFC générés par le secteur alimentaire, consulter le rapport *Foresight Project on Global Food and Farming Futures* (GoS, 2011) du Royaume-Uni et le rapport de l'USEPA (2006) sur les gaz non CO<sub>2</sub>.

7 Devenir énergétiquement intelligent le long de la filière agro-alimentaire signifie: utiliser des systèmes énergétiques sobres en carbone de manière efficace; élargir l'accès à l'énergie; et favoriser la réalisation des objectifs nationaux de développement et de sécurité alimentaire.

croissance progressive annuelle des rendements des plus importantes cultures céréalières est en baisse, et les combustibles fossiles sont relativement plus rares et coûteux. Les tendances historiques indiquent qu'il existe un lien évident entre le prix des denrées alimentaires et le prix de l'énergie (voir fig. 1).

Une intensification supplémentaire de la production agricole et animale sera nécessaire pour nourrir la population mondiale, qui devrait dépasser plus de 9 milliards de personnes en 2050. Le rapport *Comment nourrir le monde en 2050* (FAO, 2009a) explique que, pour satisfaire la demande croissante de vivres, la production alimentaire devra augmenter de 70 pour cent par rapport aux niveaux de 2005-2007. En gros, cela équivaut à un volume de production supplémentaire de 1 000 Mt de céréales et d'environ 200 Mt de viande et de poisson par an en 2050. Ces gains de production devraient essentiellement venir de l'augmentation de la productivité agricole, animale et halieutique. Toutefois, contrairement à la révolution verte des années 60 et 70, notre aptitude à atteindre les objectifs fixés pourrait être limitée dans l'avenir par l'absence de combustibles fossiles peu coûteux.



**Figure 1.** Évolution comparée des indices du prix des produits agricoles et du pétrole de 2000 à 2009 (Heinberg et Bomford, 2009) et de 1990 à 2009 (avec 2004 comme année de référence) (Kim, 2010).

- *Viabilité économique.* La volatilité des prix, la future éventualité d'une pénurie des disponibilités de combustibles fossiles et la forte dépendance de l'industrie alimentaire vis-à-vis de ces ressources non renouvelables soulèvent des inquiétudes sur la disponibilité et l'accessibilité des denrées alimentaires, ainsi que sur la viabilité économique de quelques entreprises du secteur alimentaire dans les années à venir. Or, si le prix des combustibles fossiles continue de monter, et qu'une taxation du carbone est imposée pour couvrir les coûts externes des émissions de GES générées pendant leur combustion, le prix des carburants pour les tracteurs ou les bateaux, des engrais ou des produits agrochimiques, des activités de transformation et de transport des aliments, augmenteront également. Cette situation peut remettre en cause le raisonnement fondé sur le fait que, puisque les terres agricoles et les ressources halieutiques sont limitées, la future augmentation de la production alimentaire viendra essentiellement de l'amélioration des rendements agricoles en appliquant, notamment, plus d'intrants énergétiques externes à des systèmes moins intensifs. L'intensification supplémentaire de la production agricole, associée à l'expansion des terres et à l'intensification des activités en aval de l'exploitation agricole, devrait être progressivement déconnectée de la demande supplémentaire de combustibles fossiles si le monde devra effectuer la transition vers un secteur alimentaire sobre en carbone et moins tributaire des combustibles fossiles.
- *Impacts sur l'environnement.* La production agricole et l'ensemble de la filière agro-alimentaire génèrent environ 22 pour cent des émissions totales annuelles de GES. Une tranche supplémentaire de 15 pour cent provient des changements d'affectation des terres et, plus particulièrement, des changements d'affectation liés au déboisement provoqué par l'expansion des terres agricoles (GIEC, 2007). Les

risques supplémentaires liés aux impacts potentiels du changement climatique sur la sécurité alimentaire des approvisionnements exige d'évaluer attentivement la résilience du secteur alimentaire. De plus, l'analyse des incidences possibles du changement climatique sur la productivité agricole jusqu'en 2050, montre qu'elles pourraient avoir des impacts négatifs sur ce secteur. Ces impacts risquent de réduire la disponibilité de produits alimentaires et de provoquer la dégradation du bien-être humain, surtout dans les régions en développement (Spielman et Pandya-Lorch, 2010; Fischer *et al.*, 2009).

- *Compétition pour l'utilisation des terres.* La croissance des revenus des pays en développement entraînera une augmentation de la consommation des produits laitiers et de la viande (FAO, 2011a) qui, à son tour, se traduira par une augmentation de la demande de céréales pour l'alimentation des animaux. En outre, si la demande de produits tels que le maïs, comme matière première des biocarburants pour le transport continue de croître, il y aura de fortes pressions pour augmenter la production de céréales. Dans certaines régions, le développement urbain et la désertification exercent également des pressions importantes sur les terres. Tous les facteurs décrits contribuent à accentuer la compétition pour l'utilisation des terres agricoles.
- *Accès à l'énergie.* La faible disponibilité de services énergétiques modernes efficaces dans de nombreuses régions du monde constitue un obstacle important au développement durable et à la réalisation des OMD. Pourtant, la fourniture de ces services énergétiques est une nécessité primaire qui peut améliorer la santé et les moyens d'existence de nombreuses personnes vivant dans les zones rurales des pays à PIB faible (voir chap. 3.3).

**Pour résumer**, les fluctuations du prix de l'énergie, la sécurité énergétique future et les inquiétudes concernant les émissions de GES constituent un défi pour le secteur alimentaire à l'heure où il essaye de réduire son impact sur l'environnement et de contribuer au développement durable. Un nouveau modèle de production agricole et alimentaire est nécessaire pour répondre à la compétition croissante pour les terres et l'eau, à la hausse du coût de l'énergie, à la conséquente augmentation des prix des engrais et autres intrants produits à partir de combustibles fossiles, et aux impacts anticipés du changement climatique. Dans ce nouveau modèle, les agriculteurs, les pêcheurs, les industries de l'alimentation et les distributeurs devront apprendre à «épargner et produire» (FAO, 2011a).

### 1.3 Les différentes échelles des systèmes agro-alimentaires

La gamme des systèmes agro-alimentaires est complexe et variée. Ces systèmes vont des petits exploitants de subsistance qui produisent pour l'autoconsommation, aux grandes sociétés d'exploitation commerciales qui desservent les énormes chaînes de supermarchés partout dans le monde. Tous ces systèmes dépendent de l'énergie. La traction humaine et animale est couramment utilisée dans des opérations à petite échelle mais elle est de plus en plus remplacée par des combustibles fossiles dans les régions où ils sont relativement peu coûteux. Dans la plupart des pays, les petits exploitants agricoles fournissent des aliments frais non seulement aux marchés locaux mais aussi aux industries de transformation. La demande d'aliments biologiques à faible apport d'intrants, sans pesticides, continue d'augmenter surtout dans les pays OCDE. Le chapitre 4.4 analyse plus en détail les relations entre faible apport d'intrants, sans produits chimiques, agriculture biologique et la consommation et l'intensité d'énergie.

Dans un certain nombre de pays en développement, les systèmes agro-alimentaires modernes évoluent rapidement. C'est le cas de la Chine, par exemple, où les supermarchés ont commencé à maîtriser la filière d'approvisionnement agro-alimentaire (Vorley B, 2011). C'est pourquoi, en abordant les liens entre énergie et aliments, il n'est plus fonctionnel de classer les pays en faisant des distinctions comme «pays OCDE» ou «pays non OCDE», «développés» ou «en développement», «production traditionnelle» ou «production



conventionnelle», et «de subsistance» ou «industrialisé». Pour faire des comparaisons il sera plus utile de classer les pays en fonction des disparités dans leurs filières agro-alimentaires. Dans ce rapport il a donc été décidé d'utiliser les termes «*PIB élevé*» et «*PIB faible*». Ainsi, le terme «*PIB élevé*» décrit les 50 premiers pays dont le PIB est mesuré sur la base de la parité de leur pouvoir d'achat par habitant. Le terme *PIB faible* concerne les 176 ou plus pays restants.<sup>8</sup>

Afin d'aider le lecteur à mieux comprendre le concept d'énergie examiné dans ce rapport, ainsi que son lien avec des entreprises de production agricole à différentes échelles, il faut distinguer entre «petite» exploitation agricole et «grande» société d'exploitation agricole, même s'il n'est pas vraiment possible d'établir des limites précises entre ces deux termes (voir tableau 1 pour les liens entre les différents concepts abordés). Cependant, cette typologie présente de nombreuses exceptions comme, par exemple, les petites plantations commerciales de thé qui emploient de nombreux cueilleurs, ou les petits bateaux de pêche familiaux qui dépendent dans une large mesure des combustibles fossiles et ont des frais élevés.

Échelle du producteur	Intensité totale des intrants	Unités de main d'oeuvre	Traction animale	Dépendance envers les combustibles fossiles	Dispon. de capitaux	Marchés agro-alimentaires importants	Intensité énergétique
<b>Niveau de subsistance</b>	Faible	1-2	Courante	Zéro	Micro-finance	Autoconsommation	Faible
<b>Petite unité familiale/exploitation</b>	Faible	2-3	Possible	Faible/ moyenne	Limitée	Produits frais au niveau local/ transformation locale Autoconsommation	Faible à élevée?
	Élevée	2-3	Rare	Moyenne/ élevée	Limitée	Produits frais au niveau local/ transformation régionale/ autoconsommation	Faible à élevée?
<b>Petite entreprise</b>	Faible	3-10	Rare	Moyenne/ élevée	Moyenne	Locale/régionale/ exportation	Faible à élevée?
	Élevée	3-10	Jamais	Élevée	Moyenne	Locale/régionale/ exportation	Faible à élevée?
<b>Grande entreprise</b>	Élevée	10-50	Jamais	Élevée	Bonne	Transformation régionale/exportation	Faible à élevée?

**Tableau 1.** Liste simplifiée d'exploitations agricoles et halieutiques à petite et à grande échelle typiques, classées d'après l'évaluation qualitative de leur unité opérationnelle, leur niveau d'intensification de la production, leur demande de main-d'oeuvre, leur dépendance directe ou indirecte envers les combustibles fossiles, leur disponibilité de capitaux d'investissement, les marchés alimentaires desservis et leur intensité énergétique. (Notes: 1) Il est possible de desservir les grandes chaînes de supermarchés à tous les niveaux de la production à l'exception du niveau de subsistance. Dans ce cas, les grands et petits producteurs doivent généralement investir dans des installations de stockage modernes qui utilisent les combustibles fossiles ou l'électricité. 2) Le tableau indique qu'il n'y a pas de corrélation automatique entre l'intensité des intrants et la dépendance envers les combustibles fossiles).

*Niveau de subsistance.* Les ménages qui participent aux formes plus élémentaires d'agriculture et de pêche à petite échelle destinent leur production uniquement à l'autoconsommation. Les producteurs de subsistance utilisent très peu d'intrants énergétiques externes et ont recours au travail de l'homme ou à la traction animale. Ces intrants ne sont normalement pas comptabilisés dans les statistiques mondiales sur l'énergie, en partie parce qu'ils sont largement répandus. De plus, on ne dispose pas de données du bilan énergétique sur le nombre total de vivres et d'aliments pour animaux supplémentaires nécessaire pour compenser l'apport d'énergie requis par le recours à la main d'oeuvre ou de la traction animale. Avoir accès à l'énergie ainsi que des moyens d'existence

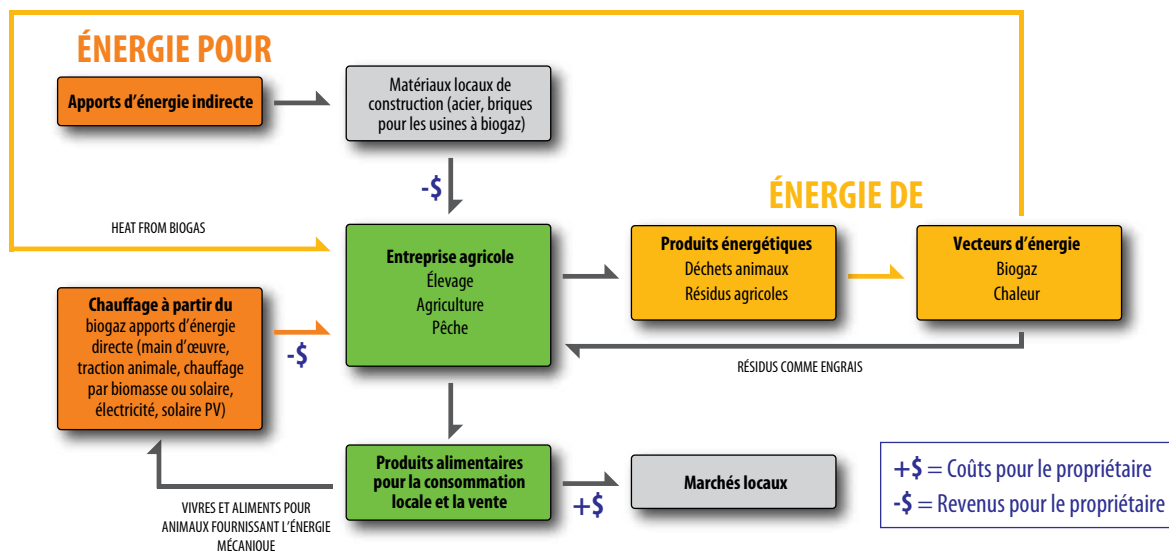
<sup>8</sup> Voir le site Web d'Index Mundi: <http://www.indexmundi.com/g/r.aspx?v=67>.

adéquats sont les principales priorités des agriculteurs et des pêcheurs de subsistance. Par contre, le manque de ressources financières limite leur aptitude à satisfaire ces besoins (voir chap. 3.3).

*Petites exploitations.* Selon le niveau de modernisation, les petites unités familiales entreprennent différentes activités telles que: l'exploitation de petits jardins ou de rizières, la culture de légumes biologiques, l'entretien de vergers, l'élevage d'animaux, la pêche sur des bateaux de propriété et l'entretien des troupeaux laitiers (jusqu'à une douzaine de vaches). Elles ont la possibilité d'être énergétiquement efficaces, à l'exception des petites exploitations qui dépendent uniquement de la main d'œuvre ou de la traction animale. Il arrive que les exploitations mixtes utilisent d'autres formes d'énergie directe comme la chaleur solaire pour sécher la récolte, le biogaz produit à la ferme pour la cuisson, l'électricité provenant des systèmes solaires photovoltaïques (PV) (voir fig. 2).

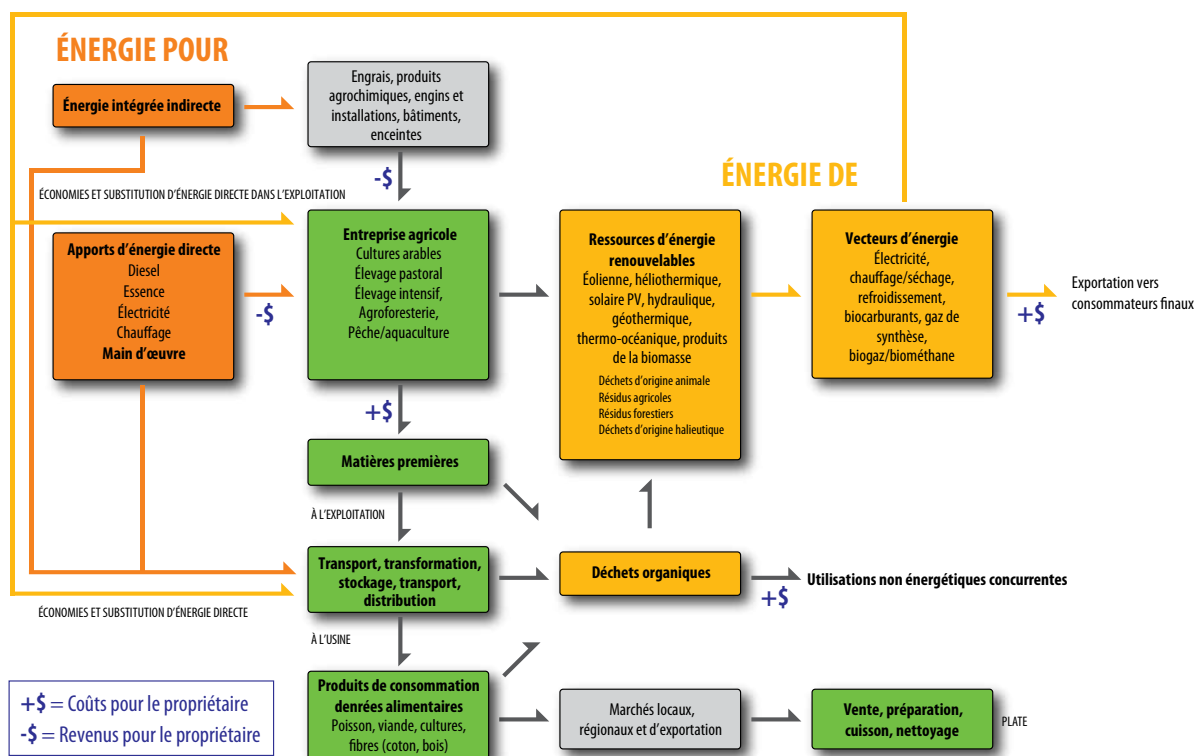
*Petites entreprises.* Il peut s'agir d'une entreprise familiale mais, normalement, il s'agit plutôt d'une entreprise privée. Elles opèrent à une échelle un peu plus vaste et emploient plus de personnel. Ces petites entreprises ont la possibilité de réduire leur dépendance envers les combustibles fossiles en améliorant leur efficacité énergétique et en produisant de l'énergie renouvelable au niveau de l'exploitation, ce qui apporterait des avantages supplémentaires à la communauté locale.

*Grandes entreprises.* À l'autre extrémité, nous trouvons les multinationales de l'agro-alimentaire<sup>9</sup> qui dépendent d'intrants externes d'énergie directe élevés le long de toute la filière agro-alimentaire (voir fig. 3). Des exemples de ces systèmes sont les flottes chalutières de pêche, les parcs d'engraissement des bovins, les compagnies sucrières et les plantations de palmiers à huile. Normalement, les grandes propriétés agricoles appartiennent et sont gérées par une usine de transformation; lorsqu'elles appartiennent à une coopérative de producteurs, il est probable que les communautés locales en tirent quelques bénéfices. Les grandes entreprises ont généralement accès à des financements qui leur permettent d'investir dans l'achat d'équipements énergétiquement efficaces et de technologies à énergie renouvelable. L'énergie générée peut être utilisée à l'exploitation ou vendue en-dehors de l'exploitation pour obtenir des revenus supplémentaires.



**Figure 2.** Exemple des flux d'énergie d'une «petite exploitation» familiale à petite échelle et à faible apport d'intrants. Les produits obtenus sont surtout des aliments frais destinés à la consommation locale qui peuvent également être vendus aux industries locales de transformation. Outre la main d'œuvre et la traction animale, la petite exploitation utilise des apports d'énergie directe venant d'autres sources comme le soleil, les systèmes PV et le biogaz produit au moyen d'un digesteur anaérobie.

<sup>9</sup> Les termes «industrialisé», «axé sur le marché», «commercial» et «multinational» sont des synonymes employés en même temps que «industrie» pour décrire les systèmes agro-alimentaires modernes à grande échelle qui produisent des aliments, du poisson, des aliments pour animaux ou des fibres.



**Figure 3.** Flux énergétiques d'une «grande entreprise», à grande échelle et à apport élevé d'intrants produisant des matières premières alimentaires et desservant les usines de transformation locales et régionales, les chaînes de supermarché et les exportateurs. Les ressources en énergie renouvelable, si disponibles des exploitations et des usines de transformation, sont utilisées sur place pour remplacer les apports d'énergie directe achetés, ou sont exportées hors site pour générer des revenus à partir des produits alimentaires et énergétiques.

Pour passer de la pêche et de l'agriculture de subsistance à des entreprises de production plus avancées, il faudra faire des investissements en matière d'équipements, d'engrais, d'irrigation, de transport et d'infrastructures. Tous ces investissements requièrent de l'énergie. Si d'autres pays à PIB faible décident de faire cette transition, il y aura une augmentation de la demande mondiale d'énergie et des émissions de GES. C'est pourquoi, l'industrialisation des systèmes agricoles à travers l'augmentation de leurs apports de combustibles fossiles ne sera plus admissible ni justifiable. La progression vers des systèmes plus efficaces et l'utilisation des énergies renouvelables, qui permettrait de préserver les combustibles fossiles pour les régions ne disposant pas d'autres options énergétiques, serait la solution la plus viable pour le secteur alimentaire au cours des prochaines années.

## 1.4 But et objectifs

Le but principal de ce document est de présenter la situation énergétique actuelle du secteur alimentaire du point de vue de la demande et de l'approvisionnement, et d'identifier les moyens de rendre l'ensemble de la filière agro-alimentaire énergétiquement plus intelligent. Les systèmes agro-alimentaires énergétiquement intelligents utilisent des systèmes énergétiques sobres en carbone de manière plus efficace, facilitent l'accès à l'énergie pour soutenir les activités productives dans les communautés agricoles et piscicoles, subviennent à leurs besoins, et contribuent à la réalisation des objectifs nationaux de sécurité alimentaire et de développement durable. Plus spécifiquement, les objectifs du document sont les suivants:

- Exposer brièvement la situation actuelle de toute la gamme des filières agro-alimentaires.
- Présenter des solutions alternatives grâce auxquelles les petits et grands exploitants ou pêcheurs peuvent

être moins vulnérables aux futures interruptions des approvisionnements en énergie et aux fluctuations des prix tout en réduisant les émissions de GES.

- Étudier de quelle façon les agriculteurs de subsistance peuvent accéder aux services énergétiques modernes pour augmenter leur productivité, réduire leurs pertes alimentaires et améliorer leurs moyens d'existence.
- Évaluer dans quelle mesure la dépendance envers les combustibles fossiles des sous-secteurs du transport et de la transformation peut être réduite, de même que les coûts de l'énergie et les émissions de GES.
- Étudier de quelle façon les systèmes à énergie renouvelable, y compris le biogaz généré des ressources locales en biomasse, peuvent être déployés au profit du secteur alimentaire en:
  - offrant des apports d'énergie directe pour les exploitants et les pêcheurs;
  - vendant l'énergie excédentaire en-dehors de l'exploitation pour obtenir des revenus agricoles supplémentaires;
  - approvisionnant l'industrie de transformation en énergie;
  - fournissant des biocarburants pour le transport;
- Mettre en évidence le lien entre énergie et pertes alimentaires pour renforcer les arguments en faveur d'une réduction des pertes le long de la filière agro-alimentaire et les gaspillages pendant la consommation.
- Expliquer brièvement les mesures politiques qui peuvent être utilisées à différents niveaux en vue d'améliorer les connaissances et les capacités, de développer la résilience du secteur pour lui permettre de s'adapter aux futures contraintes énergétiques ainsi qu'aux impacts du changement climatique.
- Identifier les lacunes de connaissance qui méritent une recherche plus poussée.

Puisque l'approvisionnement en énergie fiable à des prix accessibles peut contribuer au développement durable, ce document sera une source précieuse de renseignements pour les décideurs, les entreprises, les gouvernements et les autres acteurs concernés par la sécurité alimentaire, et qui:

- Participent aux négociations sur les questions de changement climatique menées par la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (CCNUCC).
- Organisent leur participation ou pensent participer au *Sommet de la Terre Rio+20* en 2012, qui abordera les problèmes les plus importants relatifs à l'économie verte dans un contexte de lutte contre la pauvreté et de développement durable, ainsi que d'un cadre institutionnel pour le développement durable.
- Prennent des mesures en s'appuyant sur le rapport *Energy for a Sustainable Future* (l'énergie pour un avenir durable) publié en 2010 par le Groupe consultatif sur l'énergie et les changements climatiques du Secrétariat général de l'ONU.
- Préparent le cinquième rapport d'évaluation à présenter au Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) qui sera publié en 2014.
- Entreprennent différentes activités dans le cadre de l'initiative *Énergie pour tous*, et notamment dans le cadre de l'Année internationale de l'énergie durable pour tous en 2012.

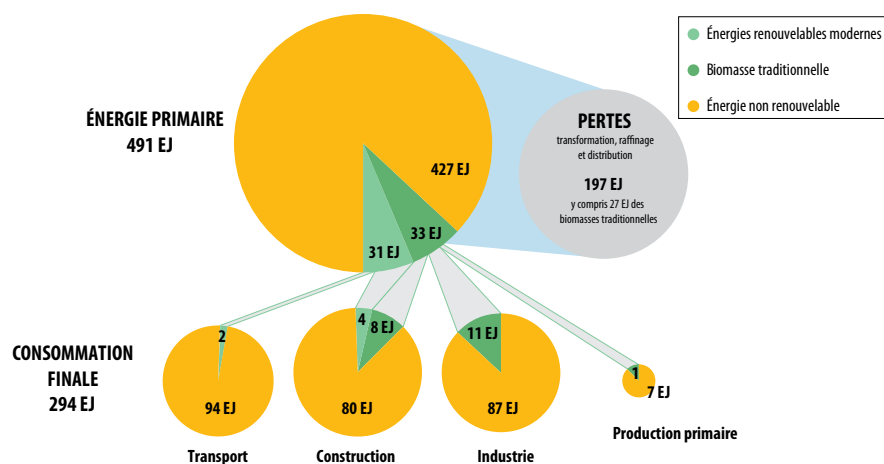
Ce document examine les quatre aspects clés suivants, relatifs à la question énergétique des systèmes agro-alimentaires et du développement rural:

- disposer d'une bonne « palette » énergétique pour atteindre l'objectif de produire 70 pour cent d'aliments en plus d'ici 2050;
- contribuer aux moyens d'existence en milieu rural d'une manière durable;
- garantir de l'énergie sûre à des prix accessibles maintenant et dans l'avenir;
- étudier comment l'industrie alimentaire peut devenir plus durable et énergétiquement intelligente.

## 2. Intrants en énergie pour les filières agro-alimentaires et émissions de GES

Faire face aux fluctuations du prix de l'énergie, sauvegarder la sécurité énergétique et réduire les émissions de GES sont les défis que le secteur alimentaire devra relever. En même temps, il devra également satisfaire les besoins mondiaux de sécurité alimentaire, réduire son impact sur l'environnement et contribuer au développement durable. Puisque le prix de l'énergie est fluctuant et enregistre une tendance à la hausse, le secteur alimentaire mondial devrait connaître une aggravation des risques et une baisse potentielle de la rentabilité.

Lorsque le pétrole et les gaz conventionnels auront atteint un sommet comme prévu, la dépendance continue du secteur alimentaire vis-à-vis de ces ressources non renouvelables pour la production, la transformation et le transport, l'exposera à des risques commerciaux plus importants, surtout en raison des flambées imprévisibles des prix. En excluant la main d'oeuvre et la traction animale, la demande d'énergie directe à l'exploitation est d'environ 6 EJ/an<sup>10</sup> (voir fig. 4). Un peu plus de la moitié de l'énergie de l'exploitation est consommée dans les pays OCDE. Cette énergie est surtout utilisée pour le pompage de l'eau, l'hébergement des animaux, la culture et la récolte, le chauffage des cultures en serre, le séchage et le stockage des produits (OCDE, 2008). De plus, la demande d'énergie indirecte pour faire fonctionner les bateaux, les tracteurs et d'autres machines agricoles, ainsi que pour fabriquer des engrais, tourne autour de 9 EJ/an (GoS, 2011). La production d'engrais azotés consomme, à elle seule, près de cinq pour cent de la demande annuelle de gaz naturel (environ 5 EJ/an). Dans le secteur halieutique, la production primaire mondiale<sup>11</sup> consomme directement près de 2 EJ/an<sup>12</sup> de l'énergie totale finale (Muir, 2010; FAO, 2009b). La consommation d'énergie directe de ce secteur est surtout associée à la propulsion des bateaux, à l'aération des bassins et au pompage de l'eau. Près de 0,4 EJ/an d'énergie indirecte est liée à la production d'aliments pour poissons (Smil, 2008). Ces chiffres mettent en évidence la dépendance élevée de l'agriculture par rapport au secteur énergétique (GoS, 2011).



**Figure 4.** Consommation totale finale d'énergie en 2008 avec indication des sources d'énergie primaire par ressources renouvelables, non renouvelables (pétrole, charbon, gaz et nucléaire) et de la biomasse traditionnelle utilisées dans les principaux secteurs. Le secteur alimentaire inclut l'énergie directe pour la production primaire (agriculture et pêche) ainsi que la part de demande énergétique du transport et de l'industrie pour la fabrication d'engrais, la transformation d'aliments, etc. (non indiqué). (Données tirées de AIE, 2010 converties avec la méthode comptable équivalente directe. Chiffres élaborés à partir de GIEC, 2011a).

10 Les données sont incertaines et varient selon la méthode utilisée pour les rassembler et les analyser. Par ex. Schneider et Smith (2009) indiquent que les apports d'énergie directe utilisés par l'agriculture au niveau mondial se sont stabilisés à 7,1 EJ/an entre 1990 et 2005. Giampietro (2002) parle de 5 EJ pour les « combustibles », plus 1 EJ pour l'irrigation, l'électricité et le chauffage; et dans une mise à jour de son travail (Arizpe *et al.*, 2011), il parle de plus de 9 EJ d'apports d'énergie directe et indirecte pour 2003.

11 Lorsque des données mondiales sont citées, elles peuvent cacher les différences entre les systèmes agro-alimentaires des pays OCDE/PIB élevé et les systèmes agro-alimentaires des pays non-OCDE/PIB faible, mais le fait de disposer de peu de données sur ces derniers n'est pas toujours représenté correctement dans les totaux.

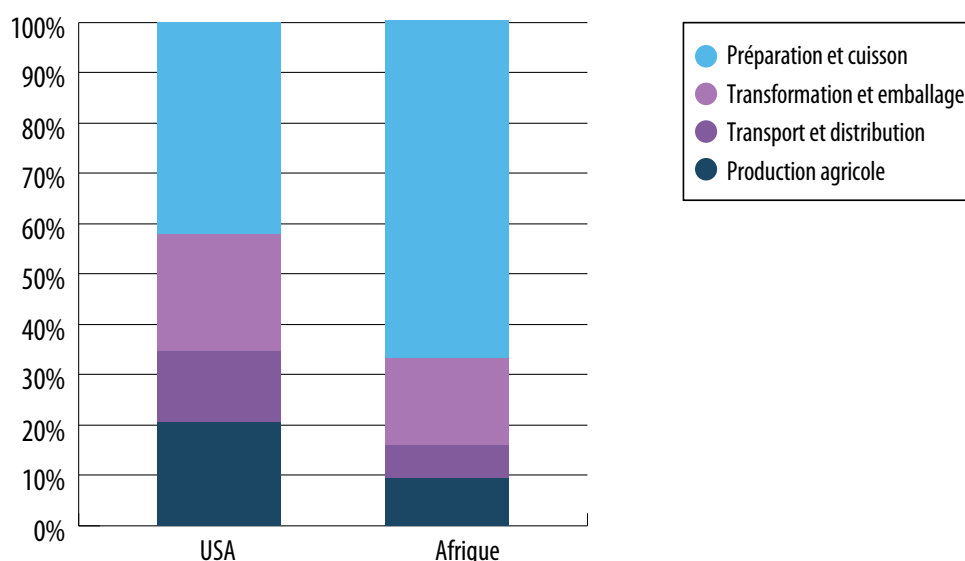
12 Les données sont incertaines, les estimations dans les publications présentent des variations de plus de 50 pour cent.

La consommation de combustibles fossiles pour l'agriculture est plus haute dans les pays à PIB élevé (près de 20,4 GJ/ha) que dans les pays à PIB faible (près de 11,1 GJ/ha) (Giampietro, 2002). L'utilisation des combustibles fossiles peut porter à une diminution de l'intensité énergétique même lorsque les rendements agricoles augmentent (voir tableau 2). Les combustibles fossiles ont également réduit le recours à la main d'oeuvre. En général, 152 mégajoules (MJ) environ d'apports de combustibles fossiles correspondent à une heure de travail manuel dans les pays à PIB élevé, tandis que dans les pays à PIB faible, une heure de travail manuel équivaut à 4 MJ.

	1945	2007
Intrants énergétiques (GJ/ha)	6	18
Rendement du maïs (t/ha)	2,2	9,0
Intensité énergétique (GJ/t)	2,7	2,2

**Tableau 2.** Rendements agricoles et intensités énergétiques de la production de maïs aux États-Unis en 1945 et en 2007 (Smil, 2008).

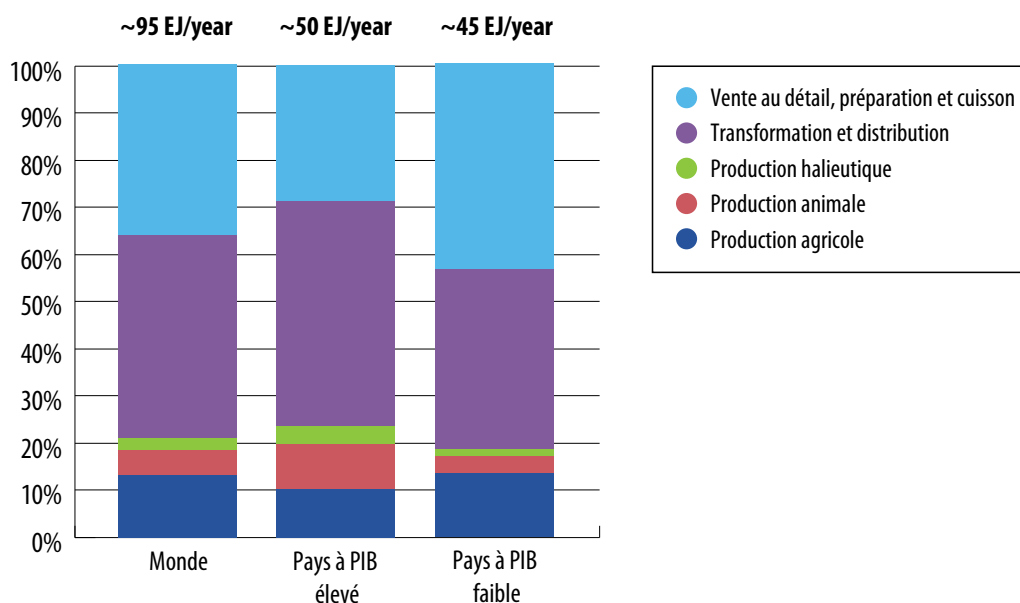
Dans les pays à PIB élevé, la quantité d'énergie utilisée pour transformer, transporter et préparer les denrées alimentaires est généralement trois à quatre fois supérieure à la quantité d'énergie utilisée pour la production primaire (Smil, 2008). Cependant, les intrants énergétiques sont complexes, difficiles à évaluer et varient énormément selon les régions<sup>13</sup> (voir fig. 5). La prépondérance de l'énergie pour la cuisson est évidente en Afrique, dont les parts d'énergie utilisées pour la production et le transport sont plus basses par rapport à celles des États-Unis, où la relation intrant énergétique/production de denrées alimentaires est de 7 à 1 (Heller et Keoleian, 2000).



**Figure 5.** Répartition indicative des intrants énergétiques de la filière agro-alimentaire pour deux exemples de pays opposés à PIB élevé et à PIB faible. (Heller et Keoleian, 2000; FAO, 1996).

La demande d'énergie finale du secteur alimentaire mondial représente 32 pour cent environ de l'actuelle demande d'énergie finale totale mondiale (voir fig. 6). Les secteurs alimentaires des pays à PIB élevé consomment plus de la moitié de la demande énergétique du secteur alimentaire mondial. Par ailleurs, les pays à PIB élevé présentent un taux d'utilisation de l'énergie par habitant bien plus élevé que celui des pays à PIB faible; ils présentent aussi une part plus importante des intrants énergétiques utilisés dans la transformation et la distribution (également indiqué par la fig. 5, qui fait une distinction entre les deux catégories).

<sup>13</sup> L'incertitude est due surtout à l'absence de données précises de beaucoup de pays en développement ainsi qu'aux différentes méthodes de calculs.



**Figure 6.** Répartition des demandes finales d'énergie de la filière agro-alimentaire par secteur et par pays à PIB élevé/faible. (Élaboré à partir de Giampietro, 2002; Smil, 2008; AIE, 2010; Woods et al., 2010; GoS, 2011 et d'autres)

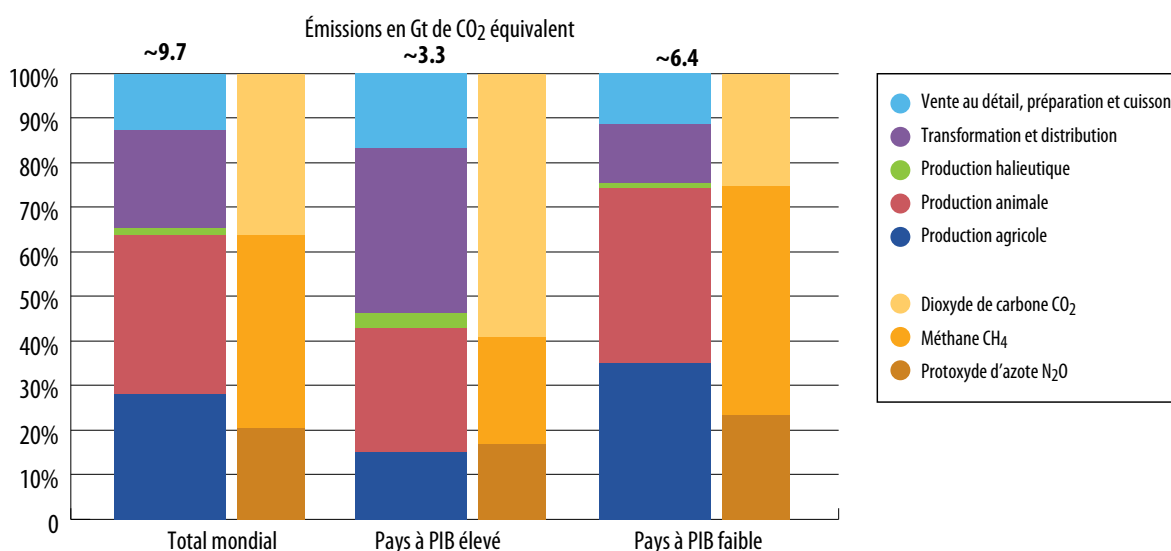
Avertissement. Il convient souligner que les chiffres des figures 6 et 7 sont indicatifs et qu'ils doivent être interprétés avec prudence. Les analyses de la FAO sont fondées sur l'ensemble des données disponibles, mais quelques-unes de ces données peuvent être peu fiables, incomplètes ou dépassées dans la mesure où les modes d'utilisation de l'énergie dans le secteur alimentaire évoluent rapidement. En outre, il n'existe pas de méthode type de collecte des données sur l'énergie liées au secteur alimentaire et les données sur les GES présentées dans les documents publiés.

L'ensemble de la filière alimentaire contribue à 22 pourcents environ des émissions totales des gaz à effet de serre (GES), y compris les gaz de décharge générés par les déchets alimentaires (voir fig. 7). En général, le méthane des rizières et du bétail ruminant (chèvres, moutons, bovins, cerfs), combiné au protoxyde d'azote des engrais azotés, des sols et des déchets d'origine animale, a un impact plus marqué que celui des émissions de dioxyde de carbone liées à l'énergie de tout le secteur alimentaire. La production primaire représente 14 pour cent des émissions totales de GES (voir annexe 1) au niveau mondial à cause, principalement, des émissions de méthane qui sont deux fois plus importantes dans les pays à PIB faible. À l'autre extrême, les émissions de GES par habitant de ces pays (GIEC, 2007) sont bien moins élevées et la part la plus importante des émissions de CO<sub>2</sub> provient des pays à PIB élevé. Ces émissions proviennent des combustibles fossiles utilisés pour produire la chaleur et l'électricité nécessaires au stockage et à la transformation des denrées alimentaires, ainsi que de l'utilisation des hydrocarbures pour leur transport et distribution.

De nombreux ouvrages commencent à parler d'analyse du cycle de vie (ACV) de la demande énergétique des composantes transport, distribution et vente au détail de la filière agro-alimentaire<sup>14</sup>. Une comparaison entre les ACV peut apporter des indications utiles sur l'incidence des actuelles solutions de production alimentaire et les impacts éventuels d'une évolution de la demande, mais ces résultats doivent être interprétés avec prudence<sup>15</sup>. De nombreuses ACV ont été effectuées pour calculer les émissions totales de GES associées à des produits alimentaires spécifiques. Williams *et al.*, (2007) ont examiné sept produits vendus sur les marchés anglais: ils ont trouvé que les aliments importés de pays avec une productivité plus élevée ou des exigences de stockage réfrigéré moins rigoureuses, avaient une empreinte carbone moins lourde que celle des aliments produits sur place (voir chap. 2.3 pour une analyse de cet aspect).

<sup>14</sup> Pour des exemples de publications sur l'ACV voir <http://www.fcrn.org.uk/research-library/lca>

<sup>15</sup> La méthode ACV varie énormément en ce qui concerne les attributions de GES aux sous-produits et les délimitations adoptées pour comptabiliser les intrants. Quelques analyses incluent les émissions de GES provoquées par le changement d'affectation des terres, d'autres n'en tiennent pas compte.



**Figure 7.** Répartition des émissions totales de GES dans la filière agro-alimentaire, par types de gaz et pour les pays à PIB élevé/faible. (Sur la base de Giampietro, 2002; USEPA, 2006; Smil, 2008; AIE, 2010; Woods et al., 2010; GoS, 2011 et d'autres)

La répartition des émissions de GES générées par les filières agro-alimentaires et les modes de consommation est variable: l'évolution au fil du temps des émissions totales de GES du secteur agro-alimentaire peut indiquer l'efficacité d'un système, notamment lorsqu'elle est liée aux coûts de production et d'approvisionnement. Garnett (2008) a montré que 18 pourcents des émissions totales de GES du Royaume-Uni étaient générés par le secteur agro-alimentaire. La moitié de ces émissions provenait de la production agricole et l'autre moitié de la transformation, du conditionnement, du transport, de la vente, des services commerciaux, de la préparation domestique et du traitement des déchets alimentaires. Au niveau des ménages, Weber et Matthews (2008) ont calculé qu'aux États-Unis, une famille moyenne génère 8,1 t de CO<sub>2</sub><sub>eq</sub> dont 44 pour cent de dioxyde de carbone, 32 pour cent de protoxyde d'azote, 23 pour cent de méthane, et 1 pour cent de chlorofluorocarbones (CFC) et autres gaz fluorocarbonés (gaz F).

Ci-dessous sont indiquées les estimations de la contribution aux émissions mondiales de GES du secteur halieutique, en fonction de l'actuelle consommation totale d'énergie:

- 40-90 Mt de CO<sub>2</sub><sub>eq</sub>/an viennent du ravitaillement des bateaux de pêche;
- 35-40 Mt de CO<sub>2</sub><sub>eq</sub>/an viennent l'aquaculture;
- 10-15 Mt de CO<sub>2</sub><sub>eq</sub>/an viennent des activités après récolte et de la transformation.

D'autres estimations mondiales incluent 3-4 Mt de CO<sub>2</sub><sub>eq</sub>/an pour le transport aérien de 435 000 t de poisson frais, et jusqu'à 340 Mt de CO<sub>2</sub><sub>eq</sub>/an pour le transport non aérien (GoS, 2011; FAO, 2009b).

Quelques mesures ont déjà été prises pour changer les processus et les pratiques agricoles afin de réduire les émissions de GES (Garnett, 2008). Elles comprennent:

- la fixation du carbone par l'utilisation accrue des systèmes d'agriculture de conservation (technique du semis direct);
- l'incorporation de la matière organique dans les sols;
- l'utilisation optimale des éléments nutritifs à travers des dosages plus précis et un meilleur calendrier d'applications;
- l'intégration des systèmes aquatiques aux systèmes agricoles;

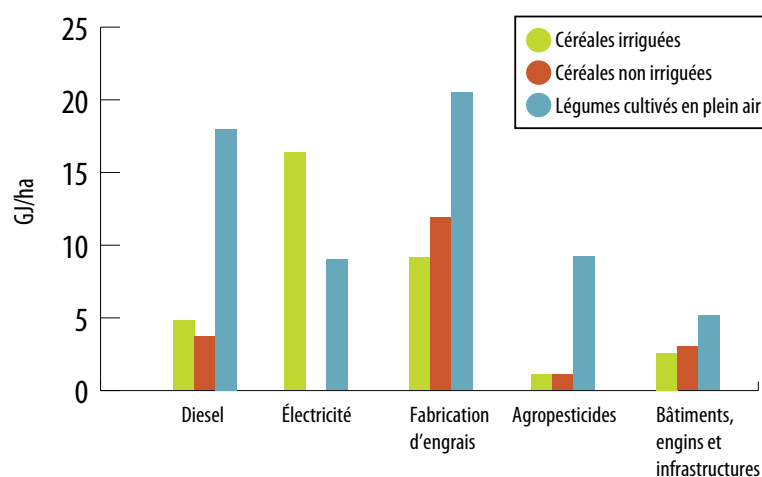


- l'amélioration du rendement des produits par unité de GES générée;
- la digestion anaérobie du fumier, du lisier, des déchets d'origine animale (dont ceux des poissons);
- la réduction de l'intensité de carbone des apports de carburant et de matières premières, à travers une amélioration de l'efficacité énergétique, une meilleure sélection des matériaux et l'utilisation des énergies renouvelables.

## 2.1 Énergie pour la production primaire

Les efforts pour augmenter les ressources alimentaires mondiales à travers l'accroissement de la productivité pourraient être limités par le manque de disponibilité future des combustibles fossiles peu coûteux. Les systèmes de production agricole et halieutique à petite échelle des pays à PIB faible pourraient ne pas être en mesure de suivre les exemples passés d'augmentation de productivité des pays à PIB élevé, si cela dépend d'un recours accru aux combustibles fossiles.

Les technologies de production agricole, animale et halieutique qui consomment le plus d'énergie sont examinées ci-après. Il existe des variations importantes suivant l'échelle de l'entreprise et les types d'aliments produits (voir fig. 8). L'énergie demandée pour produire des denrées alimentaires analogues dans différents systèmes de production peut être utilisée pour comparer leurs taux de dépendance vis-à-vis des combustibles fossiles. À titre d'exemple, les intrants en énergie directe d'une grande entreprise de pâturage non subventionnée en Australie (2-3 GJ/ha) peuvent être comparés à ceux des systèmes agricoles laitiers, intensifs et subventionnés, des Pays-Bas (70-80 GJ/ha) (Smil, 2008).



**Figure 8.** La répartition des intrants en énergie directe et indirecte change selon le type de système de production primaire, comme montré ci-dessus pour différentes entreprises agricoles en Nouvelle Zélande. (Barber, 2004)

**Tracteurs et machines.** En 2005, les 27 millions de tracteurs fonctionnant dans le monde entier (près d'un tiers dans les pays à PIB faible) ont consommé environ 5 EJ de carburant diesel pour la mise en valeur des terres, le transport et autres opérations de terrain (Smil, 2008). En outre, 1,5 EJ/an furent utilisées pour la fabrication et l'entretien des tracteurs et des outils agricoles. La demande supplémentaire de carburant pour les nombreux véhicules à deux roues principalement utilisés par les petits agriculteurs n'est pas connue. Pour augmenter le niveau de mécanisation agricole, notamment en Afrique, où 80 pour cent des superficies sont cultivées à la main avec des technologies basées sur la traction animale, il faudra:

- faciliter l'accès à des approvisionnements en carburant fiables et à des prix accessibles;
- mettre en place des arrangements financiers adéquats;

- mettre en place des accords avec les propriétaires;
- trouver des possibilités d'emploi des tracteurs en-dehors de l'exploitation;
- disposer de pièces de rechange, et de services d'entretien et de réparation;
- remettre les capacités à niveau et organiser des formations (Ashburner et Kienzle, 2011).

Au Bangladesh, le déploiement de petits moteurs diesel mobiles pouvant être utilisés pour de nombreuses activités, entre autres, l'alimentation des pompes à irrigation, a transformé radicalement la production alimentaire (voir encadré 1). Cet exemple montre les avantages que les combustibles fossiles non coûteux, souvent disponibles à des prix accessibles grâce à des subventions gouvernementales, ont apportés aux petits agriculteurs au cours des dernières décennies.

#### Encadré 1. Systèmes mécaniques à bas prix pour petits exploitants

Au Bangladesh, l'introduction de petits moteurs diesel mobiles, démontables et pouvant être utilisés pour toute une série d'applications, y compris pour alimenter des petits bateaux, des tracteurs ou des camions, pour produire de l'électricité, pour faire marcher les équipements de transformation et les pompes à eau, a sensiblement augmenté la production alimentaire (Steele, 2011). Des modifications à la politique générale ont favorisé l'importation d'équipements agricoles innovateurs chinois. Les moteurs à diesel sont facilement réparables par les mécaniciens locaux et sont moins chers par rapport aux matériels plus sophistiqués et moins polluants fabriqués en Inde. L'introduction de cette technologie chinoise peu coûteuse a amené à «l'agro-tracteurisation» du Bangladesh. Face à ces résultats, les fabricants d'équipements agricoles indiens et népalais ont trouvé qu'il s'agissait d'une nouvelle opportunité commerciale: aujourd'hui les petits moteurs sont principalement vendus sur les marchés d'équipements agricoles à petits prix des communautés rurales. En outre, les services agricoles se sont développés grâce à la versatilité et à la transportabilité de ce genre d'équipement (Biggs et Justice, 2011).

**Irrigation.** Le pompage mécanique de l'eau intervient sur 10 pour cent environ des terres arables du monde (approximativement 300 Mha) et consomme près de 0,225 EJ par an pour alimenter les pompes. De plus, 0,05 EJ par an d'énergie indirecte est utilisée pour fabriquer et distribuer le matériel d'irrigation (Smil, 2008). Les terres irriguées ayant des rendements plus élevés que les systèmes pluviaux et permettant d'effectuer une double ou triple récolte, fournissent 40 pour cent des approvisionnements mondiaux en céréales (FAO, 2011a). En Afrique, seulement 4 pourcents des terres arables sont irrigués, à cause essentiellement du manque de disponibilités financières pour investir. En Inde, les pratiques d'irrigation ont permis d'augmenter les rendements mais aussi contribué à 3,7 pour cent (58,7 Mt de CO<sub>2-eq</sub>) des émissions totales de GES du pays en 2000 (Nelson *et al.*, 2009). Deux tiers environ des approvisionnements mondiaux en eau utilisés dans l'irrigation proviennent de nappes souterraines. Le pompage électrique énergétivore d'eau à partir de puits profonds compte pour deux tiers de l'électricité totale, et les projections indiquent qu'il arrivera à 87 pour cent en 2050, alors que les réserves d'eau s'épuiseront. Les taux actuels d'extraction dépassent les taux de recharge. La menace de possibles pénuries d'eau potable et les coûts élevés de la désalinisation ont poussé quelques pays à envisager une réduction de leur production agricole irriguée et le recours accru à l'importation de céréales.

**Engrais.** Le recours aux engrais minéraux a contribué de manière significative à l'accroissement des rendements agricoles au cours des dernières décennies. La demande d'engrais minéraux continuera probablement à augmenter, surtout dans les pays à PIB faible. En 2000, au niveau mondial, l'énergie intégrée à la production d'engrais minéraux équivalait à environ 7 EJ (Smil, 2008; Giampietro, 2002; GoS, 2011). La seule production d'engrais azotés correspond à la moitié environ des combustibles fossiles utilisés dans la production agricole primaire. En outre, des quantités considérables de protoxyde d'azote sont générées pendant la production de nitrates (GoS, 2011). L'application moyenne annuelle de macroéléments (azote, phosphate, potassium) va de zéro, en Afrique subsaharienne, à 500, 50, 100 kg/ha respectivement pour les rizières chinoises à double culture (Smil, 2008). L'absorption d'azote par les cultures finit donc par être inefficace. Dans quelques régions chinoises, par exemple, cette absorption est d'environ 28 pour cent pour les céréales et de seulement 20 pour cent pour les légumes (Miao *et al.*, 2011).

**Élevage.** Normalement, les exploitations d'élevage intensif se font livrer les aliments pour animaux sur place, ce qui peut représenter une composante importante de leurs intrants totaux en énergie (voir tableau 3). Les systèmes pastoraux extensifs de chèvres, moutons et bovins présentent des intrants en énergie plus faibles que les systèmes d'élevage intensif. Par contre, ces systèmes extensifs dépendent souvent de l'énergie intégrée aux aliments pour animaux achetés, ou encore, de l'énergie intégrée à la production des cultures fourragères ou à la conservation de la récolte et de la paille à l'exploitation. Les différences régionales sont évidentes: les pays à PIB faible consomment 1 MJ environ de combustibles fossiles par MJ de produits d'origine animale, tandis que les pays à PIB élevé consomment près de 4,3 MJ de combustibles fossiles par MJ de produits d'origine animale (Giampietro, 2002).

Produit alimentaire	Conversion en aliment pour animaux	Intrants d'énergie directe et indirecte
Poulet	4,2 kg/ kg de viande comestible	25 - 35 MJ/ kg de viande
Porc	10,7 kg/ kg de viande comestible	25 - 70 MJ/ kg de viande
Bovin (parcs d'engraissement)	31,7 kg/ kg de viande comestible	80 - 100 MJ/ kg de viande
Poules pondeuses	4,2 kg/ kg d'oeufs	450 – 500 MJ/ an
Produits laitiers	0,7 kg/ litres de lait	5 – 7 MJ/ litres de lait frais
Poisson (capture par chalutier)		5 – 50 MJ/ kg (surtout apports de carburant)
Crevettes		107 – 121 MJ/ kg

**Tableau 3.** Intrants énergétiques totaux de l'exploitation (y compris l'énergie indirecte pour les aliments pour animaux, les bâtiments et l'équipement) par unité d'aliment d'origine animale produite (Smil, 2008).

**Cultures sous serres.** Différents modèles de serre sont utilisés pour la production de fruits, légumes et fleurs dans les zones périurbaines. Ces types de production utilisent un système à cycle fermé, ou même des systèmes hydroponiques ou aéroponiques, pour fournir aux cultures l'eau et les nutriments nécessaires sans le support d'un sol. Ils font appel à des apports d'énergie directe assez élevés, surtout sur le plan de la lumière et de la chaleur artificielle. Ainsi, les apports d'énergie pour les produits frais comme les tomates et les poivrons peuvent être de l'ordre de 40MJ/kg (FAO, 2011a). Dans des pays comme la Chine ou la Corée du Sud, la superficie affectée aux serres froides ne cesse d'augmenter, mais leurs intrants en énergie sont faibles par rapport aux serres énergétivores chauffées utilisées dans d'autres parties du monde. En général, les cultures sous serre demandent une intensité énergétique 10 à 20 fois plus élevée que celle des mêmes produits cultivés en plein champ (Saunders et Hayes, 2009).

**Pêche.** L'ensemble de la flotte de pêche capture environ 80-90 Mt de poisson et d'invertébrés par an, et consomme près de 620 litres de carburant par tonne capturée (Tyedmers *et al.*, 2011). La pêche commerciale est une des méthodes de production alimentaire les plus énergétivores. Les entreprises à petite échelle sont à l'origine de la moitié des captures mondiales avec une flotte de 4,3 millions de petits bateaux. Deux tiers de ces bateaux utilisent des moteurs à combustion interne alimentés par des combustibles fossiles. Le reste de la flotte, qui se trouve surtout en Asie et en Afrique, utilise les voiles ou les avirons (SOFIA, 2010). L'aquaculture génère 55 Mt de produits par an. En 2008, 44,9 millions de personnes – un nombre deux fois supérieur à celui de 1980 – étaient exerçaient directement, à plein temps ou à mi-temps, la pêche commerciale et l'aquaculture. Cela équivaut à 3,5 pour cent des 1,3 milliards de personnes économiquement actives dans le vaste secteur de la production agricole primaire au niveau mondial (SOFIA, 2010).

Les bateaux consomment des quantités assez élevées de carburant. La plupart des propriétaires ont commencé à réduire leur consommation d'énergie étant donné que les coûts du carburant représentent 15 pour cent des frais totaux (Muir, 2010) et, dans le cas de quelques entreprises, 50 pour cent des revenus des captures (FAO, 2009b). Les petits bateaux ont, pour la plupart, des moteurs inefficients qui consomment beaucoup de carburant et dont l'efficacité ne peut pas être améliorée facilement. On dispose, toutefois, de peu de données sur leur utilisation. Les intrants en énergie indirecte pour la construction et l'entretien des bateaux correspondent à 10 pour cent de la consommation d'énergie fossile (Smil, 2008).

Les entreprises du secteur aquacole (pisciculture et mariculture) sont en expansion. Quelques-unes d'entre elles, comme les entreprises d'élevage des crevettes, dépendent de l'énergie directe pour le pompage et l'aération de l'eau, et l'énergie indirecte pour la production et la livraison d'aliments pour animaux. Muir (2010) a calculé que la demande totale d'énergie directe correspond à 0,05 EJ/an environ, et que la demande d'énergie indirecte correspond à 0,3 EJ/an, soit 100-200 MJ par kg de protéine de poisson (Smil, 2008). Malheureusement, les estimations concernant les intrants en énergie de ce secteur changent beaucoup d'un ouvrage à l'autre.

**Forêts.** Les intrants en énergie par hectare pour la durée de vie d'une plantation forestière sont relativement faibles. L'énergie est principalement utilisée pour alimenter l'équipement de collecte, de replantation et, éventuellement, d'application des engrais. La demande d'énergie de la production sylvicole ou de bois commercial et pour la transformation n'est pas examinée dans ce document.

## 2.2 Sèchage, refroidissement et stockage

Afin d'en préserver la qualité, les céréales sont séchées artificiellement après la récolte, avant d'être stockées ou transportées. L'électricité, le gaz naturel et le gaz de pétrole liquéfié (GPL) peuvent servir à fournir de la chaleur à 0,5 – 0,75 GJ/t pour sécher les grains mouillés jusqu'à obtenir un taux d'humidité acceptable pour le stockage (base humide). Le séchage et la préservation des produits sont parmi les activités agricoles les plus énergétivores. Ainsi, au Zimbabwe, la préservation des feuilles de tabac représente plus de la moitié de la demande totale d'énergie de l'exploitation (FAO, 1995). L'énergie solaire peut également être utilisée pour sécher les graines ou les fruits, au plein air ou dans des installations chauffées à l'énergie solaire.

Smil (2008) a calculé que le stockage d'aliments requiert 1 à 3 MJ/kg de produit alimentaire vendu au détail. La réfrigération aussi peut être une source importante d'émissions de GES si l'on prend en compte les intrants en énergie, la fabrication d'équipements isothermes, et les émissions de GES provoquées par les pertes de réfrigérant. Pour certains produits, le stockage réfrigéré, même pendant le transport, peut représenter jusqu'à 10 pour cent de l'empreinte carbone de toute la filière agro-alimentaire (Cleland, 2010). Dans le cas de la chaîne du froid de la filière agro-alimentaire du Royaume-Uni, 40 pour cent de son empreinte carbone correspond à la réfrigération domestique, 31 pour cent à la vente au détail, 24 pour cent aux transports et 5 pour cent à l'énergie liée à la fabrication d'équipements.

Les opérations de séchage et de refroidissement ne sont pas toujours pratiquées dans les pays à PIB faible, et les pertes après récoltes y sont ainsi souvent élevées (voir chap. 3.4).

## 2.3 Transport et distribution

Compte tenu des fluctuations du prix des combustibles fossiles, le transport et la distribution sont des sous-secteurs particulièrement vulnérables de la filière agro-alimentaire. En 2000, plus de 800 Mt d'expéditions alimentaires ont été effectuées au niveau mondial (Smil, 2008), soit plus de 130 kg par habitant. Dans certaines circonstances, le transport peut représenter 50 à 70 pour cent de l'empreinte carbone totale de produits ; tel que les fruits et le poisson frais, qui sont livrés par voie terrestre à plusieurs centaines de kilomètres du lieu de production ou capture. Par contre, lorsque les mauvaises conditions des routes limitent les déplacements vers les marchés sur de longue distance, comme dans les pays à PIB faible, l'énergie utilisée pour le transport sera insignifiante.

En rapprochant les activités de production et de traitement des aliments des zones à forte densité démographique, on diminuera la consommation d'énergie liée au transport (Heller et Keoleian, 2000).

Toutefois, étant donné que le transport à longue distance par bateau ou par rail consomme des faibles taux d'énergie par tonne par kilomètre (voir tableau 4), produire des denrées agricoles ou animales spécifiques dans des zones où la productivité est naturellement élevée, permet de faire des économies énergétiques qui compensent le peu d'énergie supplémentaire utilisée pour transporter les produits vers des marchés éloignés. L'évolution vers l'achat de vivres dans les marchés paysans qui vendent seulement des produits du terroir économise, dans quelques cas, relativement peu d'énergie pour le transport. En revanche, comme les produits normalement vendus sur les marchés paysans sont frais ou peu traités, l'achat de produits locaux est plus efficace du point de vue énergétique que l'achat de produits commerciaux traités et emballés (Bomford, 2011). Dans le cas d'une famille américaine moyenne, l'achat de produits locaux porterait à une réduction de 4-5 pourcents maximum des émissions de GES (Weber et Matthews, 2008).

Mode de transport	Part du transport au niveau mondial (% de t-km totaux)	Parts totales du transport / distribution au niveau local (% de t-km totaux)	Intensité énergétique des modes de transport (MJ /t-km)
Par rail	29%	16%	8-10
Par mer	29%	Non applicable	10-20
Par voie navigable	13%	19%	20-30
Par camion	28%	62%	70-80
Par chariot, vélo, tracteur	Données non disponibles	3%	Variable
Par avion	1%	0 (niveau local seulement)	100-200

**Tableau 4.** Parts et intensités énergétiques selon les différents modes de transport des marchandises (Bernatz, 2010; Smil, 2008; Heinberg & Bomford, 2009)

Dans le cas d'exportation de fruits frais, l'énergie consommée par l'expédition internationale devient une composante importante de l'énergie totale utilisée. Par exemple, une expédition maritime peut représenter 45 pour cent de l'énergie consommée pour exporter des fruits frais de Nouvelle Zélande en Europe<sup>16</sup> (Cleland, 2010). Le transport aérien, qui est plus coûteux du point de vue de l'intensité énergétique et des frais, est rarement utilisé: aux États-Unis, seulement 0,5 pour cent des fruits frais importés est livré par avion (Bernatz, 2010). La globalisation des vingt dernières années semble avoir augmenté de 25 pour cent la distance moyenne parcourue par les produits alimentaires. Pour donner l'exemple d'un cas extrême, aux États-Unis, un ménage moyen mange environ 5 kg d'aliments par jour ; ce qui correspond à une distance moyenne de transport de 8 240 km par kilogramme<sup>17</sup>. Malgré ces chiffres, les émissions totales de GES générées par le transport de vivres sont toujours moins élevées que les émissions générées par la production agricole primaire (Weber et Matthews, 2008). Les déplacements des consommateurs pour aller faire les courses correspondent à 1-4 MJ en plus d'intrants énergétiques du véhicule par kilogramme de produits achetés.

## 2.4 Transformation des aliments

On estime que la quantité totale d'énergie nécessaire à la transformation et au conditionnement est comprise entre 50-100 MJ par kg de produits alimentaires totaux vendus au détail (Smil, 2008). L'industrie de la transformation des aliments a besoin d'énergie pour le chauffage, le refroidissement et l'électricité.

<sup>16</sup> Frater (2011) a mené un sondage détaillé auprès de nombreuses parties prenantes et calculé que 7,67 MJ d'énergie étaient consommées par kilogramme de pommes produites en Nouvelle Zélande et livrées en Europe (1,45 MJ dans les vergers; 0,51 MJ pendant l'après récolte; 1,46 pour l'emballage; et 4,24 MJ pour le transport maritime).

<sup>17</sup> Pour satisfaire la demande de vivres depuis l'exploitation jusqu'au détaillant, la distance totale du transport des marchandises (incluant le transport des semences, des engrais et des aliments pour animaux) était approximativement de 1 200 milliards de t-km, soit 15 000 t-km par ménage par an en 1997 (données actualisées à 2004), y compris les produits importés dont la distance moyenne par rapport aux marchés devrait être augmentée depuis 1997.

La demande totale d'énergie pour la transformation d'aliments est trois fois supérieure à l'énergie directe consommée à l'intérieur de l'exploitation (White, 2007). Il faut, en outre, tenir aussi compte de l'énergie intégrée à l'emballage, qui peut être plus ou moins énergétivore à cause de l'utilisation du plastique et de l'aluminium. La transformation du poisson demande de l'énergie directe pour la glace, la mise en boîte, la congélation, le séchage ou le salage, et la production d'aliments pour poisson et de sous produits à base d'huiles de poisson correspond à 0,5 PJ par an (Muir, 2010).

## 2.5 Vente au détail, préparation et cuisson

Le stockage et la préparation domestique des aliments, une partie importante de tout système agro-alimentaire, consomment de l'énergie. Dans ce cas, l'électricité et le chauffage sont utilisés pour réaliser des activités fondamentales. Heller et Keoleian (2000) ont estimé que les réfrigérateurs et les congélateurs consomment 40 pour cent environ de l'énergie totale relatives à l'alimentation des ménages; cuire les repas avec des réchauds, des fourneaux ou des micro-ondes consomme 20 pour cent de l'énergie totale; et chauffer l'eau ou utiliser un lave-vaisselle consomme aussi 20 pour cent de l'énergie totale.

Cuisiner consomme, en moyenne, 5-7 MJ d'énergie par kg d'aliments mais, dans les pays à PIB faible, cette consommation peut être bien plus élevée. À titre d'exemple, cuire du riz en utilisant la biomasse ligneuse et un feu ouvert, dont l'efficacité énergétique ne dépasse pas 10-15 pourcents, consomme jusqu'à 10-40 MJ d'énergie par kg; par contre, utiliser des modèles améliorés de réchaud à biomasse, dont l'efficacité est comprise entre 20 et 40 pour cent, peut réduire la demande de bois-énergie. Certains produits doivent être cuits plus longtemps, ce qui augmente la consommation d'énergie. La cuisson des haricots est huit fois supérieure à celle d'autres aliments et peut consommer plus de 200 MJ par kg d'aliments (Balmer, 2007). Les technologies efficaces de cuisson associées à des sources d'énergie propre peuvent améliorer la consommation d'énergie: en Chine, les digesteurs anaérobiques domestiques produisent environ 24 MJ de biogaz par jour; ce qui permet de cuire trois repas et d'assurer l'éclairage pour une famille de cinq personnes (Bogdanski et al., 2010a). Laver les assiettes à l'eau chaude utilise environ 2 à 4 MJ par kg d'aliment consommé (Smil, 2008).

**Pour résumer**, l'énergie totale utilisée pour se nourrir représente une fraction importante de la consommation totale d'énergie du consommateur d'un pays: elle est de presque 16 pour cent aux États-Unis (Canning *et al.*, 2010); de 20 pour cent environ au Royaume-Uni (GoS, 2011); et de 30 pour cent environ en Nouvelle Zélande, un pays exportateur de denrées alimentaires (CAE, 1996). Dans les pays à PIB faible, malgré la plus faible demande de transport et de transformation des aliments, la part du secteur alimentaire dans la consommation nationale d'énergie est élevée. Dans quelques pays africains, la part d'énergie nationale utilisée par le secteur agro-alimentaire peut arriver à 55 pour cent. Généralement, la demande d'énergie est de 10 pour cent pour la production primaire, de 15 pour cent pour le transport et la transformation d'aliments, et de 75 pour cent pour la cuisson et la préparation (FAO, 1995).

Les coûts totaux relatifs à l'énergie, en tant que fraction des coûts de production, varient énormément en fonction des produits alimentaires; ils peuvent être considérables pour certains systèmes agro-alimentaires. C'est le cas des États-Unis, où les coûts relatifs à l'énergie par rapport à la production agricole totale, vont de 10 pour cent pour le soja à 31 pour cent pour le maïs (DEFRA, 2010). Dans les pays à PIB faible, le développement agricole peut être limité par les coûts des combustibles fossiles, surtout dans les pays où les combustibles fossiles importés pèsent sur le PIB du pays. Les coûts totaux relatifs à l'énergie, en tant que fraction du prix total d'achat pour le consommateur, varient aussi beaucoup en fonction du produit et du pays. Mais ils ne réagissent pas de la même manière que les coûts de production. Dans les pays à PIB élevé cette proportion est normalement assez faible, mais dans les pays à PIB faible il peut être important.

Dans ce dernier cas, les coûts plus élevés du transport déterminent souvent une augmentation du prix des denrées alimentaires. Cette situation a des effets négatifs sur la sécurité alimentaire puisqu'une grande partie des revenus des ménages est utilisée pour acheter des vivres. Dans les deux cas, les coûts de l'énergie auront des conséquences importantes. C'est pourquoi la corrélation entre le prix de l'énergie et le prix des denrées alimentaires est une question de très grande importance. Les frais d'exploitation sont de plus en plus tributaires et liés aux combustibles fossiles. Les personnes démunies, qu'il s'agisse de producteurs à petite échelle ou de consommateurs d'aliments de base, sont les plus vulnérables aux fluctuations et aux flambées des prix. Les futurs prix élevés et volatiles des combustibles, les pénuries d'énergie au niveau mondial et la nécessité de réduire les émissions de GES sont les principales raisons pour lesquelles le secteur alimentaire mondial doit devenir «énergétiquement plus intelligent».

### 3. Améliorer l'utilisation efficace de l'énergie en devenant énergétiquement intelligents

Le secteur alimentaire mondial doit apprendre à mieux utiliser l'énergie. À chaque étape de la filière agro-alimentaire, les pratiques actuelles peuvent être adaptées pour devenir moins énergétivores<sup>18</sup>. Cela pourra être facilité en prenant des mesures économiquement rentables visant à améliorer l'efficacité énergétique et à fournir des aliments d'une MANIÈRE sûre et durable pour l'environnement. Améliorer l'accès à l'énergie, réduire les pertes alimentaires, modifier les régimes alimentaires: tout cela est lié aux systèmes agro-alimentaires énergétiquement intelligents.

La réduction de l'intensité énergétique, c'est-à-dire de la quantité d'énergie utilisée par unité d'aliment produite (MJ par tonne d'aliment produit) dans toute la filière agro-alimentaire, dépend de:

- la modification des comportements;
- la conception et le déploiement de pratiques agricoles ou de pêche sobres en carbone;
- nouvelles technologies à haut rendement énergétique.

Pendant de nombreuses années, la prise de mesures en matière d'efficacité énergétique au niveau de l'exploitation agricole (voir chap. 3.1) et en-dehors (voir chap. 3.2) a été encouragée dans les pays à PIB élevé, avec différents niveaux de succès. D'un point de vue historique, les coûts énergétiques ont toujours été une composante mineure des frais d'exploitation de nombreuses entreprises agro-alimentaires. Pour cette raison, les incitations visant à réduire les demandes d'énergie n'ont pas bénéficié d'une forte promotion. Maintenant que les coûts de l'énergie ont augmenté et que de plus en plus d'entreprises ont pour objectif de réduire leur empreinte carbone, le renforcement de l'efficacité énergétique connaît un regain d'intérêt. En outre, à mesure que les besoins des secteurs agro-alimentaires en expansion des pays à PIB faible et des pays nouvellement industrialisés augmentent, des efforts sont déployés pour en réduire l'intensité énergétique (Schneider et Smith, 2009). Pour réussir, une possibilité est de modifier, pour un coût limité voire nul, les pratiques agricoles et de transformation actuelles. Ces modifications impliquent à leur tour de changer les comportements des agriculteurs, des gestionnaires et des opérateurs. Une autre possibilité concerne l'introduction de nouveaux équipements modernes et efficaces ; ceci, par contre, exige des investissements considérables en capitaux. Les producteurs des pays à PIB faible risquent de se heurter à des contraintes financières pour adopter certains types de technologies améliorées en matière d'efficacité énergétique tels que l'agriculture de précision, la surveillance de l'irrigation, des modèles améliorés d'hélices pour bateaux, l'organisation des transports par GPS<sup>19</sup>, les échangeurs thermiques et les moteurs électriques à vitesse variable. Les solutions étudiées devront veiller à maintenir l'équilibre entre mesures efficaces, coûts énergétiques prévus et nécessité d'améliorer l'accès à l'énergie à des prix abordables (voir encadré 1, chap. 2.4.).

Les mesures d'économie et d'efficacité énergétiques peuvent être mises en œuvre de plusieurs façons à toutes les étapes de la filière agro-alimentaire (voir tableau 5). Elles permettent de réaliser des économies directes à travers des changements comportementaux et technologiques, ou des économies indirectes à travers les avantages supplémentaires procurés par l'adoption de pratiques agricoles agro-écologiques. Tant pour des petits que des grands systèmes agro-alimentaire, tout moyen d'éviter les gaspillages d'aliments (voir chap. 3.4) doit être encouragé puisque cela finit par gaspiller les ressources utilisées pour les produire. Éviter

18 Utiliser moins d'énergie pour obtenir le même résultat, comme par ex. utiliser la même quantité d'énergie par unité d'aliment produite (MJ par kg).

19 Les systèmes de positionnement global (GPS) permettent de contrôler les parcours des camions, les vitesses, les problèmes de circulation, etc.



ce type de gaspillages permet généralement d'économiser considérablement l'énergie utilisée pour produire des aliments que personne ne consommera. Par ailleurs, éviter les pertes alimentaires réduira également la compétition pour les terres et l'eau. D'autres détails sur la question sont fournis dans la suite du document.

L'applicabilité de solutions d'efficacité énergétique devra être évaluée avec attention, en se fondant sur des contextes spécifiques. Les systèmes agro-alimentaires à grande échelle, par exemple, disposent de nombreuses possibilités, y compris des solutions à plus forte intensité de capitaux et de technologies. Quelques systèmes agro-alimentaires à petite échelle, d'autre part, auront la possibilité d'augmenter peu à peu les apports d'énergie directe et indirecte afin d'améliorer la productivité et l'efficacité d'utilisation de l'eau. Dans ce cas, l'utilisation efficace d'une quantité accrue d'énergie pourrait éventuellement contribuer à l'adoption de pratiques agricoles agro-écologiques qui génèrent de bons rendements et améliorent les moyens d'existence.

	<b>Interventions directes</b>	<b>Interventions indirectes</b>
<b>Au niveau de l'exploitation</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Moteurs plus efficaces /entretenus</li> <li>• Installations d'eau plus précises</li> <li>• Agriculture de précision pour les engrais</li> <li>• Pratiques agricoles sans labour</li> <li>• Batiments contrôlés</li> <li>• Gestion du chauffage pour serres</li> <li>• Meilleure conception des hélices des bateaux de pêche</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Variétés culturales et races animales à faible apport d'intrants</li> <li>• Pratiques agricoles agro-écologiques</li> <li>• Réduction de la demande d'eau et des pertes</li> <li>• Fabrication énergétiquement efficace d'engrais et de machines</li> <li>• Identification électronique des sites et des marchés de pêche</li> </ul>
<b>Au-delà de l'exploitation</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Conception et fonctionnement des camions</li> <li>• Moteurs électriques à vitesse variable</li> <li>• Meilleurs procédés d'éclairage et de chauffage</li> <li>• Isolation des chambres froides</li> <li>• Emballage minimal des aliments</li> <li>• Transfert de technologies et apprentissage</li> <li>• Efficacité améliorée des appareils de cuisson</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Amélioration des infrastructures routières</li> <li>• Réduction des pertes alimentaires à toutes les étapes</li> <li>• Adapter l'approvisionnement alimentaire à la demande</li> <li>• Modifier le régime alimentaire pour consommer moins de produits d'origine animale</li> <li>• Réduire les niveaux d'obésité</li> <li>• Veiller à l'étiquetage des produits alimentaires</li> </ul>

**Tableau 5.** Exemples d'améliorations en matière d'efficacité énergétique, obtenues à travers des interventions sociales et techniques directes ou indirectes le long de tout le secteur agro-alimentaire.

Les stratégies de réduction de la consommation d'énergie couvrant les différentes possibilités de gestion des produits alimentaires sont complexes et s'accompagnent souvent de contreparties. À cet égard, deux aspects importants relatifs aux pratiques de gestion de la production agricole primaire sont à mettre en évidence:

- Les méthodes utilisées pour réduire les intrants d'énergie et diminuer la productivité, comme appliquer moins d'engrais au lieu d'en optimiser l'application, sont rarement avantageuses et doivent être évitées.
- Les systèmes de production à apport élevé d'intrants externes n'ont pas forcément des intensités énergétiques élevées (MJ par kg de produit), surtout quand cela porte à une hausse des rendements (voir tableau 1). Inversement, les systèmes à faibles apports d'intrants peuvent présenter des intensités énergétiques relativement élevées accompagnée d'une baisse des rendements.

Il convient de noter que toute amélioration de l'efficacité énergétique présente le risque d'un «effet rebond»: une diminution de la demande d'énergie peut entraîner une réduction du prix de l'énergie qui, à son tour, peut favoriser l'achat d'énergie dans d'autres secteurs (Barker et Dagoumas, 2009). Ainsi, un

pêcheur qui réalise des économies de carburant en manœuvrant mieux son bateau pourra utiliser l'argent non dépensé pour acheter un moteur hors-bord plus grand. Alors que le degré et la durée d'un effet rebond sont encore objet de débat, tout le monde s'accorde pour affirmer que ce phénomène est réel et qu'il faut en tenir compte en estimant l'économie totale d'énergie causée par une amélioration de l'efficacité énergétique.

### 3.1 Au niveau de l'exploitation

Pour les systèmes de production primaire, l'objectif devrait être de produire des quantités analogues ou majeures d'aliments par unité de terre ou d'eau en consommant moins d'énergie. Différentes évaluations détaillées, effectuées au cours des dernières décennies (voir Leach, 1976; Stout, 1991; Netting, 1993; Pimentel et Pimentel, 1996) reconnaissent que l'intensification accrue et les progrès technique relatifs à tous les systèmes de production primaire requièrent plus d'intrants énergétiques mais que l'énergie peut et doit être utilisée de manière plus efficace pour maximiser les services fournis par unité d'énergie. Plus récemment, Schneider et Smith (2009) ont comparé les intensités énergétiques du secteur agricole des pays à PIB faible et des pays à PIB élevé. À partir des années 60, on enregistre un accroissement mondial constant de l'utilisation d'engrais et de machines. À partir de la moitié des années 80, l'intensité d'énergie des pays à PIB élevé a baissé en raison d'une augmentation constante des rendements agricoles combinées à l'introduction de pratiques d'efficacité énergétique. Alors que l'intensité énergétique moyenne du secteur agricole des pays à PIB faible est plus basse que celle des pays à PIB élevé, depuis quelques années, l'usage accru des engrais et la mécanisation – notamment en Chine et en Inde – a déterminé une augmentation de l'intensité d'énergie de ces pays. En considérant ces évolutions opposées, les auteurs ont conclu que les intensités mondiales d'énergie ont commencé à baisser légèrement après les années 80, bien que cette évolution change beaucoup de pays à pays. Pour élever le niveau de l'efficacité énergétique nationale du secteur agricole des pays se situant au-dessous de la moyenne, il faudrait avoir recours à une gamme de différentes solutions énergétiquement efficaces. De cette façon, les émissions annuelles de GES pourraient être réduites jusqu'à 500 Mt de CO<sub>2-eq</sub> (Schneider et Smith, 2009).

La demande d'énergie liée à la production primaire peut être réduite soit en diminuant son intensité d'énergie, soit en changeant le volume et la composition des aliments produits par des aliments à faible apport d'énergie: la protéine de soja, par exemple, pourrait supplanter les produits d'origine animale. Vu que la demande annuelle d'énergie directe de la production primaire représente seulement un petit pourcentage de l'énergie totale consommée par la plupart des pays, la prise de mesures énergétiquement efficaces ne favorisera pas considérablement la réduction de la demande d'énergie au niveau national. Les mesures d'économie énergétique, en revanche, peuvent réduire considérablement les frais de production sans toucher la productivité, en augmentant donc la rentabilité d'entreprises individuelles. C'est le cas de la pêche commerciale, où les navires utilisés consomment beaucoup de carburant. Outre limiter les coûts, l'efficacité énergétique rend aussi la production alimentaire moins vulnérable aux interruptions des approvisionnements en énergie et réduit les émissions de GES. Ci-dessous sont présentés quelques exemples de pratiques énergétiquement efficaces.

*Tracteur et machines.* Les nombreux moyens de réduire la consommation de carburant par les tracteurs ont été bien étudiés et documentés (voir par exemple CAE, 1996). En voici quelques-uns:

- adapter la dimension des tracteurs et des engins aux besoins de l'exploitation;
- contrôler que les tracteurs roulent sur la «bande de passage»;
- choisir des tracteurs et des moissonneuses ayant des moteurs à la consommation plus efficiente;

- envoyer à la casse anticipée les machines à forte consommation de carburants;
- améliorer l'entretien des moteurs;
- contrôler la pression des pneus;
- organiser des programmes de formation sur le fonctionnement, la réparation et l'entretien des tracteurs ou autres machines agricoles.

La mise en œuvre de solutions énergétiquement efficaces peut également procurer des avantages supplémentaires. En effet, s'assurer du bon fonctionnement de l'hydraulique du tracteur, ou le lester pour optimiser l'adhérence des pneus, permet d'économiser 10 pour cent de carburant, de réduire le temps de travail de 20 pour cent le temps de travail et de causer moins de dégâts au terrain (CAE, 1996). Quelques pays à PIB faible, comme le Kenya, ont déjà beaucoup avancé dans l'utilisation des machines agricoles: des initiatives pour améliorer le rendement des carburants porteraient donc à des résultats analogues à résultats obtenus par les systèmes agricoles des pays à PIB élevé. Le développement de techniques agricoles de précision, comme les systèmes GPS pour optimiser l'application des produits agrochimiques et des engrais, ou les senseurs pour contrôler l'humidité des sols, peut aboutir à des économies d'énergie directe et indirecte (McBratney *et al.*, 2006). Parfois, améliorer l'efficacité énergétique est moins prioritaire pour les producteurs qu'augmenter la production d'aliments et avoir accès à l'énergie (voir chap. 3.3). À titre d'exemple, les agriculteurs du Bangladesh n'avaient pas les moyens d'acheter les tracteurs économes en carburant fabriqués en Inde, mais ont pu accéder à des moteurs multi-applications chinois peu coûteux qui ont stimulé leur production alimentaire (voir encadré 1; Biggs et Justice, 2011).

**Irrigation.** L'irrigation de précision, fondée sur le savoir, qui offre aux agriculteurs des possibilités d'irrigation souples et fiables, ainsi que l'irrigation déficitaire et la réutilisation des eaux usées, seront une composante importante de l'intensification durable des cultures (FAO, 2011a). Les systèmes d'irrigation mécanisés doivent être conçus pour utiliser l'eau de manière aussi efficace que possible, surtout dans les nombreuses régions où les ressources hydriques sont rares. Les cultures absorbent souvent moins de la moitié de l'eau d'irrigation appliquée (FAO, 2011a). Or, il est tout à fait possible d'améliorer l'efficacité d'utilisation de l'eau en réduisant les ruissellements et les pertes d'eau par évaporation ou par infiltration. Cela déterminerait, en effet, une baisse de la demande d'électricité ou de carburant diesel utilisé pour pomper l'eau. L'énergie consommée par les systèmes d'irrigations existants peut être économisée en améliorant les conditions d'exploitation de base, en réparant les fuites et en remplaçant les pompes usées ou non dimensionnées. Lorsqu'une pompe travaille à 20 pour cent de sa capacité contre les 30 pour cent indiqués dans les spécifications, la demande d'énergie et les émissions de GES associées augmenteront de 50 pour cent par rapport au niveau de référence (Nelson et al., 2009). Les intrants en eau et énergie peuvent être réduits en modifiant les dates de semis pour éviter les périodes prévues de pénurie, en utilisant le paillage, et en adoptant des systèmes d'irrigation à senseurs adaptés à la demande. L'emploi de systèmes d'irrigation à énergie solaire PV ou à énergie éolienne doit être prudent et utilisé en même temps qu'une gestion efficace de l'eau pour veiller à ce que ces énergies renouvelables soient utilisées de manière durable.

**Engrais.** Quelques producteurs d'engrais minéraux fournissent différentes solutions pour économiser les intrants en énergie par unité d'engrais produite et fournie. En outre, les agriculteurs peuvent économiser l'énergie indirecte en diminuant la quantité d'engrais appliquée en faisant des applications plus précises. Cela permettra aussi de réduire les émissions de GES par unité de produit et, éventuellement, d'éviter que l'excès de nitrates soit rejeté dans les couches aquifères ou les eaux de surface. Pour obtenir de bons résultats, il convient d'optimiser la précision et la programmation des applications d'engrais en ayant recours à des technologies informatiques et du génie rural, telles que les biosenseurs pour contrôler la fertilité des sols ou détecter les gaz traces. Depuis la moitié des années 80, une combinaison de ces techniques a suscité une

réduction importante de la quantité d'engrais utilisés dans les pays à PIB élevé (Schneider et Smith, 2009). Ainsi, aux États-Unis, entre 1979 et 2000, ces techniques ont permis une réduction de 30 pour cent (Heinberg et Bromford, 2008). Le passage aux engrais organiques, y compris l'utilisation de plantes fixatrices d'azote, permet aussi de réduire les intrants en énergie indirecte.

*Agriculture de conservation (AC).* Ce vaste concept a pour but d'améliorer la gestion agricole en adoptant les rotations de cultures pour renforcer l'état nutritionnel des sols. En appliquant les principes du non-labour et en améliorant la qualité des sols, l'AC réduit la demande d'engrais minéraux azotés, diminue la présence d'organismes nuisibles et minimise le bouleversement des sols. La réduction des intrants d'énergie est généralement un bénéfice connexe de ce type de pratique. En outre, les techniques de non-labour ou de labour minimum du sol peuvent réduire la consommation de carburants pour la culture de 60 à 70 pour cent. Ces méthodes facilitent aussi la rétention hydrique des sols, réduisent l'érosion en conservant les résidus des cultures à la surface, et minimisent la perte de carbone des sols (Baker *et al.*, 2010). Il convient de signaler, en effet, les pertes historiques de carbone provenant de l'agriculture conventionnelle représentent environ 40 à 80 Gt et qu'elles augmentent de  $1,6 \pm 0,8$  Gt par an, particulièrement dans les zones tropicales (GoS, 2011). L'augmentation à long terme de la teneur en carbone des sols par l'ajout de biochar est actuellement examinée. Une autre solution à l'étude concerne l'adoption de systèmes de production à cultures pérennes et à faible intensité de main d'œuvre, autorégulateurs des organismes nuisibles et qui préservent la fertilité et l'humidité des sols.

*Logements pour animaux.* Les logements pour animaux peuvent être conçus et utilisés de manière efficace afin de conserver l'énergie nécessaire pour maintenir les températures et les niveaux d'humidité optimaux (GoS, 2011). Le contrôle informatisé de l'alimentation dans les systèmes d'élevage intensif permet de réduire les gaspillages et de baisser le niveau global de la demande d'énergie. Il est aussi possible de réduire les intrants d'énergie nécessaires pour le chauffage de l'eau et des maisons, pour le séchage, le stockage des aliments pour animaux et le fonctionnement des systèmes transporteurs.

*Cultures protégées.* L'intensification de la production agricole à l'aide de pratiques comme l'irrigation et l'application d'engrais, se traduirait probablement par une augmentation de la demande d'énergie par hectare. Cela serait, toutefois, compensé à travers un accroissement des rendements qui diminuerait l'intensité d'énergie par unité d'aliment produite (Tzilivakis *et al.*, 2005). Ainsi, l'énergie utilisée dans les serres chauffées peut être réduite en améliorant le système de chauffage, d'éclairage et de ventilation, et en utilisant un double vitrage ou revêtement en plastique. En Chine, la production de biogaz avec les déchets organiques des ménages et des animaux a été intégrée à la production de fruits et de légumes en serres chauffées (CNSS, 2011).

*Pêche.* Les pêcheurs ont tendance à aller trop vite et à mal entretenir leurs bateaux, un comportement qui réduit la durée de vie des bateaux et provoque le gaspillage de grandes quantités de carburant chaque année. Dans le cas de la pêche commerciale, par exemple, les factures élevées de carburant peuvent être réduites en adoptant des méthodes de pêche moins énergétivores, en améliorant les techniques de localisation des stocks de poisson, en utilisant les technologies de l'information et des communications pour optimiser la prise de décisions sur la pêche ou les marchés, et perfectionnant la conception des bateaux et des équipements (Banque mondiale, 2009; Muir, 2010). L'évolution de la technologie, comme la conception de nouveaux modèles d'hélices, est importante pour les armateurs qui envisagent d'acheter un nouveau bateau, de le remettre en état ou de le rééquiper (Wilson, 1999). Il est essentiel, pour les armateurs, d'assimiler et de maîtriser les nouvelles technologies mais il est également indispensable de changer les comportements par rapport à l'exploitation et à l'entretien des bateaux. Dans le cas des systèmes piscicoles, il est possible de récupérer la chaleur des systèmes intensifs à eau chaude et de réduire la demande d'énergie en optimisant la gestion de l'air ou de l'eau.

## 3.2 Au delà de l'exploitation

Il existe de nombreuses études de cas qui indiquent une réussite dans la réduction progressive de la demande d'énergie à toutes les étapes de la filière agro-alimentaire. Des exemples d'options de réduction sont présentés ci-dessous. En général, les entreprises individuelles doivent décider quelle est la meilleure façon de réduire leurs demandes spécifiques d'énergie, ainsi que les émissions de GES qui y sont liées car ces options sont déterminées par les circonstances locales. Mais il est prouvé qu'il est possible de réduire de manière rentable l'utilisation d'énergie à tous les niveaux de la filière agro-alimentaire dans la plupart des pays (CAE, 1996; GIEC, 2007). Le choix des nouveaux équipements, par exemple, devrait être fait sur la base des évaluations du cycle de vie qui considèrent les coûts d'investissement initiaux et les coûts énergétiques d'activité. Une bonne connaissance de l'ensemble du système agro-alimentaire, plutôt qu'une démarche liée à la demande ou à l'approvisionnement, peut être plus utile pour identifier la solution offrant la meilleure efficacité énergétique. Par exemple, en vue de renforcer l'efficacité énergétique, il peut être plus judicieux de diminuer au maximum la quantité de chaleur à évacuer pendant la phase de transformation, plutôt que d'améliorer l'efficacité énergétique du système de refroidissement (Cleland, 2010).

Dans les pays à faible PIB, la perte de grandes quantités d'aliments juste après la récolte impose d'améliorer les activités après récolte afin d'aider ainsi les agriculteurs à augmenter leurs revenus (voir chap. 3.3 pour plus de détails). L'accès à des sources d'énergie sûres et peu coûteuses est souvent la clé pour assurer la bonne qualité des opérations post-récolte dans ces pays.

**Transport et distribution.** Les transports d'aliments sur de longue distance par bateau sont énergétiquement plus efficaces et émettent donc moins de GES (entre 10-70 g de CO<sub>2</sub>/t/km) que les transports ferroviaires (entre 20-120 g de CO<sub>2</sub>/t/km) ou les transports routiers (entre 80-180 g de CO<sub>2</sub>/t/km) (IMO, 2008). Dans le cas des transports routiers, maritimes, aériens ou ferroviaires existants, la demande d'énergie des expéditions de marchandises à longue et à courte distance peut être réduite en utilisant des technologies améliorées connues et en optimisant les comportements des opérateurs (pour plus de détails, voir GIEC, 2007).

**Transformation.** Les installations de transformation des aliments qui sont hautement inefficaces du point de vue énergétique peuvent présenter une intensité énergétique élevée qui consomme plus de 50 pour cent de l'énergie par rapport aux meilleures technologies disponibles sur le marché. Il s'agit là d'une excellente occasion de réduire la demande d'énergie, ainsi que les émissions de CO<sub>2</sub> associées, si l'énergie provient des combustibles fossiles. À cet égard, plus de 100 technologies et moyens d'améliorer l'efficacité énergétique ont été identifiés (Galitsky *et al.*, 2003). Normalement, les usines de transformation alimentaire sont relativement énergivores. Aux États-Unis par exemple, le traitement du maïs consomme 15 pour cent environ de l'énergie totale utilisée par l'industrie agro-alimentaire. La production de chaleur par la combustion de charbon, de gaz, de biomasse ligneuse ou de charbon de bois pour sécher, générer de la vapeur et cuire est le principal moteur de la demande d'énergie dans le domaine de la transformation de viande, de poudre de lait, de pain et de produits de brasserie. Dans les grandes usines, recourir à la biomasse disponible sur place pour la production combinée chaleur-électricité peut devenir une activité rentable (voir chap. 4.1).

La faible efficacité énergétique des usines de transformation plus petites dans de nombreux pays à PIB faible offre l'occasion d'introduire des technologies et des pratiques améliorées qui procurent des avantages environnementaux et économiques considérables, même lorsque les factures énergétiques correspondent à 5-15 pour cent seulement des frais d'exploitations totaux. Le simple entretien général des usines de transformation plus vieilles et moins efficaces permet souvent d'économiser 10 à 20 pour cent d'énergie

avec très peu voire aucun investissements. Les mesures d'investissements à coûts moyens, comme le fait d'optimiser l'efficacité de la combustion, de récupérer la chaleur des gaz d'échappement et de choisir la bonne taille de moteur électrique à haute efficacité, permettent 20 à 30 pour cent d'économie en énergie. Des économies plus importantes sont également possibles mais il faudrait alors faire des investissements considérables dans de nouveaux équipements (GIEC, 2007). Comme pour les usines de transformation, améliorer l'efficacité énergétique des industries manufacturières et des engrais chimiques est souvent également rentable (GIEC, 2007).

**Stockage.** Les améliorations possibles en vue d'augmenter l'efficacité énergétique du stockage alimentaire concernent, entre autres:

- l'amélioration de la ventilation;
- l'utilisation de ventilateurs à haute efficacité et à vitesse variable;
- l'adoption de systèmes logistiques plus efficaces pour transférer les aliments des conteneurs routiers aux conteneurs ferroviaires, ou des conteneurs maritimes aux cales frigorifiques.

Vu que la plupart des systèmes de réfrigération utilisent l'électricité, le système local de distribution électrique déterminera la quantité de GES qui seront émis (Cleland, 2010). La réfrigération pendant le transport, générée par des groupes électrogènes fonctionnant au diesel, peut en partie s'avérer inefficace quand le rapport surface-volume d'un conteneur est particulièrement élevé et que leur niveau d'isolation est faible. Étant donné que le diesel supplémentaire utilisé par la réfrigération n'est qu'une petite fraction de la demande totale en carburants d'un véhicule, très peu d'incitations ont été mises en place pour améliorer l'efficacité d'utilisation des carburants pour la réfrigération. Dans les secteurs ménager et de la vente au détail, les normes minimales de performance énergétique (NMPE) encouragent l'utilisation de compresseurs plus efficaces, de modèles améliorés d'échangeurs thermiques, d'appareils d'éclairage, de ventilateurs et de contrôles. En outre, d'autres réfrigérants peuvent être utilisés à la place des gaz F, comme par exemple le CO<sub>2</sub> ou des gaz hydrocarbonés (Cleland, 2010).

**Préparation et cuisson.** Les conseils sur les moyens de réduire la demande d'énergie des cuisinières ménagères et commerciales sont largement connus et relèvent le plus souvent du bon sens: Par exemple, il n'est pas énergétiquement efficace de remplir complètement une bouilloire pour faire une seule tasse de thé ou de café. Ainsi, les consommateurs devraient tenir compte des NMPE et contrôler la consommation d'énergie des appareils de cuisine au moment de faire leurs achats. Dans les pays en développement, la cuisson inefficace sur des feux ouverts, et les risques sanitaires liés à l'inhalation des fumées, sont bien connus (pour des exemples voir GIEC, 2011b et Banque Mondiale 2011b). D'autres considérations sur cet aspect sont fournis dans le chapitre 5, qui aborde l'accès à l'énergie.

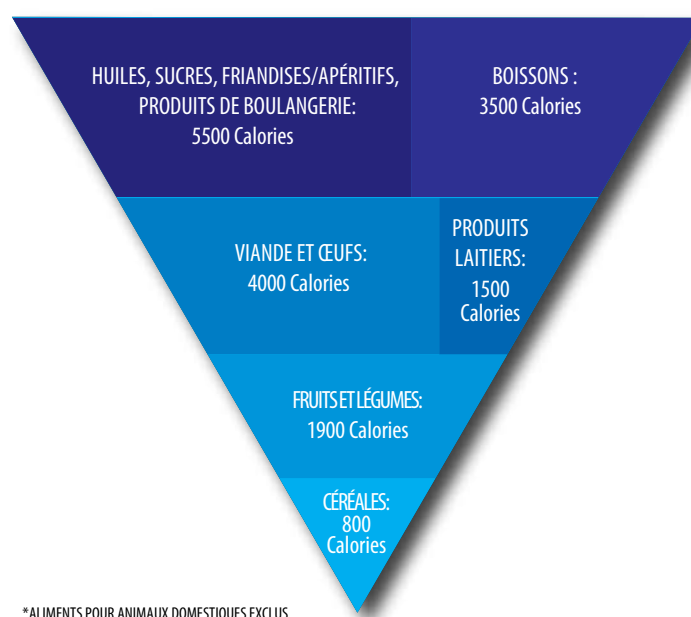
**Changement des régimes alimentaires.** Les régimes alimentaires qui privilégient des aliments de saison produits sur place en utilisant des systèmes de gestion efficace de l'énergie, qui réduisent les temps de cuisson et qui incluent des quantités relativement faibles de viande ou de produits laitiers, ont pour effet de réduire la consommation d'énergie (Schneider et Smith, 2009). Ces modèles de consommation doivent, toutefois, être socialement acceptables pour pouvoir s'implanter. En théorie, si les gens mangeaient moins de produits d'origine animale on pourrait obtenir une diminution importante de la demande d'énergie du secteur agro-alimentaire. Dans la pratique, c'est l'inverse qui se produit: les couches supérieures et moyennes des pays à PIB faible ont adopté une alimentation riche en viande et en produits laitiers. L'intensité des GES émis varie considérablement selon les différentes catégories d'aliments, la viande rouge émettant en moyenne 150 fois plus de GES (en CO<sub>2</sub>-eq/kg) que le poulet ou le poisson. Passer à une alimentation pauvre en viande rouge et en produits laitiers peut être un moyen efficace de réduire l'empreinte carbone et énergétique

des ménages (Weber et Matthews, 2008). Par exemple, un ménage qui remplace pour un jour seulement la consommation de viande et de produits laitiers par des protéines d'origine végétale, obtiendrait les mêmes avantages en termes d'atténuation des GES que s'il avait acheté toute sa provision hebdomadaire de vivres chez des fournisseurs locaux et évité ainsi l'énergie utilisée pour le transport.

Certes, dire que toute consommation de viande est mauvaise est un raisonnement simpliste (Godfray et al, 2010). À ce propos, il convient de faire trois remarques:

- Premièrement, il existe des différences considérables d'efficacité de production et d'utilisation conséquente d'énergie dans la transformation des catégories de viande les plus importantes. En effet, il faut 8 kg de céréales pour produire 1 kg de viande de bœuf, alors qu'il faut 4 kg de céréales pour produire 1 kg de viande de porc et seulement 1 kg de céréales pour produire 1 kg de viande de poulet. De plus, il est possible d'augmenter l'efficacité de la production de viande en améliorant l'élevage et les races.
- Une deuxième remarque a trait au fait qu'une fraction importante du bétail continue de se nourrir d'herbe. Cette pratique a lieu sur des terres qui, souvent, ne conviennent pas à l'agriculture à moins de faire des investissements importants. Ce dernier type d'affectation des terres, même pour nourrir indirectement les populations, peut avoir des effets néfastes pour l'environnement. D'autre part, les porcs et les volailles sont souvent nourris avec les déchets alimentaires.
- Enfin,, dans les pays en développement, la viande est la source la plus concentrée de certaines vitamines et minéraux, qui sont importants en particulier pour les jeunes enfants. Le bétail est également utilisé pour le labour et le transport, pour produire du fumier et peut constituer une source indispensable de revenus. L'élevage revêt donc une importance culturelle énorme pour de nombreuses communautés plus pauvres.

Le changement des habitudes alimentaires peut aussi réduire la demande d'énergie par d'autres moyens: en mangeant plus d'aliments complets ou d'aliments peu transformés, qui ont le moins d'emballage possible, les consommateurs peuvent réduire leur empreinte carbone. La figure 9 montre que le système agro-alimentaire des États-Unis fournit principalement des aliments hypercaloriques fortement transformés et que seulement une petite fraction du système est destinée aux céréales, aux fruits et aux légumes.



**Figure 9.** Apport énergétique quotidien par habitant du système agro-alimentaire des États-Unis (Source: Bomford, 2011)

### 3.3 Énergie liée aux pertes et aux gaspillages alimentaires

Limiter les pertes et les gaspillages alimentaires à toutes les étapes de la filière agro-alimentaire réduirait la demande totale d'énergie, diminuerait les émissions de Gaz à effet de serre et soulagerait la compétition pour les terres, l'eau et d'autres ressources.

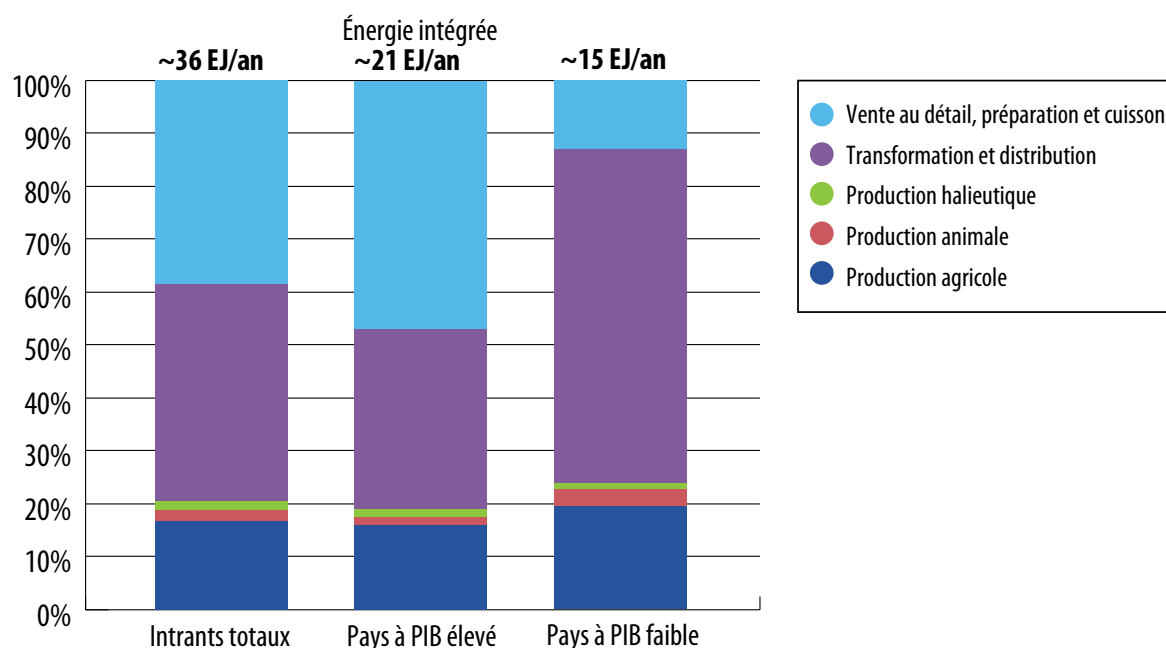
Un tiers environ des aliments produits est perdu ou gaspillé. Les pertes alimentaires surviennent à toutes les étapes de la filière agro-alimentaire et correspondent à près de 1 200 Mt par an (Gustavsson *et al.*, 2011). Une personne moyennement active doit consommer chaque jour la quantité d'aliments nécessaire à fournir 9 MJ d'énergie, et la quantité d'énergie requise varie en fonction de son âge, de sa taille et de son niveau d'activité physique. En Afrique subsaharienne, la disponibilité moyenne d'aliments fournit moins 8,5 MJ d'énergie par jour par habitant. Dans les pays à PIB élevé, par contre, la quantité d'énergie apportée est d'environ 15,7 MJ par jour par habitant (Smil, 2008). Par conséquent, les pays à PIB élevé produisent 50 pour cent en plus d'aliments qu'il n'est nécessaire. Une partie de cette abondance de vivres est la cause des taux élevés d'obésité dans le monde. Pourtant, des quantités importantes d'aliments sont tout simplement gaspillées. En Europe et en Amérique du Nord en effet, les pertes alimentaires sont de l'ordre de 95-115 kg par habitant par an (Gustavsson *et al.*, 2011). En Afrique subsaharienne, en Asie du Sud et en Asie du Sud-est, où les aliments sont relativement plus rares, les pertes alimentaires sont de l'ordre de 6-11 kg par habitant par an (*Ibid*). Plus de la moitié des pertes totales enregistrées dans les pays à PIB élevé sont dues à la détérioration des produits frais. Parmi les éléments qui contribuent à ce phénomène, on trouve:

- la disparité entre approvisionnement et demande;
- une mauvaise planification des achats;
- un manque de soin dans la préparation;
- le rejet de denrées alimentaires qui ne respectent pas les sévères normes de qualité ou ont dépassé la date de péremption;
- la non consommation d'aliments préparés.

Dans les pays à PIB faible, la nourriture arrivant sur les tables est rarement gaspillée. Par contre, des pertes alimentaires importantes surviennent plus tôt dans la filière à cause de mauvaises techniques de récolte, de l'absence d'installations de stockages, des infrastructures de transport limitées, et des systèmes de conditionnement et commerciaux inefficaces. Des actions de sensibilisation aux pertes et aux gaspillages alimentaires dans toute la filière agro-alimentaire favoriseraient les objectifs internationaux d'atténuation des intrants d'énergie et des émissions de GES (PNUE, 2011), réduirait la compétition pour les terres ou l'eau, abaisserait les prix des aliments, et contribuerait à la lutte contre la pauvreté et la faim.

Les données mondiales quantifiées sur les pertes et les gaspillages alimentaires dans toute la filière agro-alimentaire, présentées dans l'étude de Gustavsson *et al* (2011), ont été utilisées pour évaluer l'énergie intégrée aux pertes alimentaires. Lorsque les aliments sont gaspillés, l'énergie consommée pour les produire est également gaspillée (voir fig. 10). La quantité d'énergie liée aux pertes alimentaires est donc considérable: aux États-Unis, les pertes alimentaires représentent 2 pour cent environ de la consommation totale annuelle d'énergie (Cuellar et Weber, 2010). Globalement, il est estimé que l'énergie liée aux pertes alimentaires annuelles mondiales correspond à environ 38 pour cent de l'énergie finale totale consommée par toute la filière agro-alimentaire. Par contre, comme dans le cas des figures 6 et 7, cette analyse ne fournit que des résultats indicatifs à partir de données souvent incertaines.





**Figure 10.** Parts indicatives des intrants en énergie intégrés aux produits alimentaires qui se perdent le long de la filière agro-alimentaire. Dans les pays à PIB élevé, près de 60 pour cent de ces pertes surviennent au niveau du détaillant, de la préparation et de la cuisson. Dans les pays à PIB faible, la plupart des pertes ont lieu après la récolte pendant le stockage, la transformation ou le transport. (Élaboré par la FAO à partir des données sur les pertes alimentaires publiées dans Gustavsson et al., 2011; des données mondiales sur l'énergie publiées dans Giampietro, 2002; Smil, 2008; AIE, 2010; GoS, 2011 et d'autres. Les pertes cumulées d'énergie ont été prises en compte pour l'élaboration).

De nombreuses campagnes de sensibilisation ont commencé à attirer l'attention du public sur le problème des pertes et des gaspillages alimentaires. Des investissements privés et publics visant à réduire les pertes dans les systèmes de production agricole, halieutique et animale pourraient limiter les risques pour la filière agro-alimentaire, améliorer la qualité des aliments et atténuer les émissions de GES par unité d'aliment consommée. En évitant les pertes après récolte, on pourrait en effet limiter les coûts de production des aliments et réduire les GES émis par les activités de traitement des déchets ou d'élimination des produits endommagés (voir encadré 2). Dans de nombreux pays à PIB faible, les limitations financières et techniques entravent les efforts pour optimiser les pratiques de récolte et améliorer les composantes stockage, conditionnement, et marketing de la filière agro-alimentaire. C'est pourquoi, enseigner aux petits exploitants comment limiter les pertes est une manière peu coûteuse d'améliorer les moyens d'existence des populations rurales.

### Encadré 2. Gaspillages alimentaires au Royaume-Uni

Le Royaume-Uni jette 13 MJ environ de tonnes sèches d'aliments et de boisson par an (NSCA, 2006). Le secteur de la distribution est, avec les ménages, à l'origine de 80 pour cent environ de ce total. Les pommes de terre, le pain et les pommes sont les biens les plus gaspillés sur le plan de la quantité; la salade est l'aliment le plus gaspillé par rapport à la quantité totale produite. Près de deux tiers de ces aliments gaspillés sont comestibles. La moitié de ces aliments n'a jamais été touchée, et est donc considérée un déchet «évitable»; l'autre moitié comporte:

- Des déchets «inévitables», comme les restes de café ou les trognons des pommes.
- Des déchets «inévitables en fonction des préférences», c'est-à-dire des déchets alimentaires comme les croûtes de pain qui ont été enlevées pour faire des sandwich, le gras de la viande rouge et les restes des services traiteurs présentant un excès délibéré de nourriture.
- Des déchets «inévitables en raison des méthodes de cuisson», c'est-à-dire les épluchures et les restes de préparation.

Le coût des produits alimentaires gaspillés par les ménages du Royaume-Uni est estimé à plus de 10 milliards de Livres sterling par an, soit 250 à 400 UKL par an dans le cas d'un ménage moyen. La plupart des aliments gaspillés finissent dans des décharges contrôlées (voir chap. 5.1). À cet égard, toutefois, le gouvernement a commencé à mettre au point d'autres unités de méthanisation pour convertir cette ressource en biogaz.

Les attentes en matière de choix alimentaires des habitants des pays à PIB élevé sont satisfaites grâce à des systèmes de réfrigération financièrement accessibles le long de toute la filière agro-alimentaire. Le développement de systèmes analogues dans les pays à PIB faible sera un défi. En effet, ne pas être dépendant de la réfrigération est difficile lorsque le développement économique d'une région est fondé sur les exportations de produits alimentaires vers des pays à PIB élevé. Parmi les différentes solutions envisageables, on peut noter la préservation en vrac, avec transport limité vers les marchés locaux, et l'utilisation de technologies passives de refroidissement par évaporation à la place des technologies actives de refroidissement qui dépendent de l'électricité. Lorsqu'ils deviendront économiquement viables, les refroidisseurs à énergie solaire constitueront aussi une solution de refroidissement intéressante. Afin de réduire les pertes alimentaires dans la filière agro-alimentaire des pays à PIB faible, les technologies et les opérations de stockage après récolte doivent être adaptées et simples, elles doivent prévenir l'infestation de parasites et utiliser les sources locales d'énergie renouvelable dans la mesure du possible.

*Pour résumer*, il existe de nombreuses possibilités énergétiquement efficaces de réduire la demande d'énergie, à toutes les étapes du système agro-alimentaire, à petite et à grande échelle, pour les pays à PIB faible et pour les pays à PIB élevé. L'amélioration de l'efficacité énergétique dans l'exploitation ne sera jugée probante que si elle n'aura pas pour conséquence de baisser la productivité. Dans le cas des agriculteurs de subsistance, l'accès à l'énergie peut porter à une amélioration des moyens d'existence. Il est cependant impératif de faire un usage judicieux de l'énergie pour faire en sorte qu'elle soit financièrement accessible. Enfin, le fait d'éviter des pertes alimentaires long de la filière agro-alimentaire permettra de réduire la demande en énergie, en eau et en terre.

## 4. Approvisionnement énergétique à partir du secteur agro-alimentaire

**E**n utilisant les ressources locales en énergie renouvelable le long de toute la filière agro-alimentaire on peut favoriser l'accès à l'énergie, minimiser les problèmes de sécurité, diversifier les revenus tirés de l'agriculture et de la transformation des aliments, réduire la dépendance vis-à-vis des combustibles fossiles, abaisser les émissions de gaz à effet de serre et atteindre les objectifs de développement durable.

Bien que les combustibles fossiles continueront à être utilisés encore pendant de nombreuses années, la transition vers des systèmes à énergie renouvelable a déjà commencé. Les ressources en énergie solaire, éolienne, hydraulique, géothermique ou de la biomasse abondent et peuvent être converties en tout un éventail d'utilisations et de vecteurs énergétiques (par ex. l'électricité, la chaleur, le refroidissement, les biocombustibles liquides et gazeux). Ce chapitre se penche sur les possibilités de développement des énergies renouvelables en milieu rural. Le développement doit être flexible et graduel afin de trouver un compromis entre l'utilisation continue des combustibles fossiles, la possibilité de les remplacer par des énergies renouvelables et l'application de mesures pour améliorer l'efficacité énergétique

Là où elles existent, les ressources en énergie solaire, éolienne, hydraulique, géothermique ou de la biomasse doivent être utilisées à la place des combustibles fossiles afin de produire la chaleur ou l'électricité pour les activités agricoles et piscicoles. Par ailleurs, en cas de surproduction d'énergie, celle-ci peut être exportée pour obtenir des revenus supplémentaires. De telles activités procurent des avantages pour les agriculteurs, les propriétaires fonciers, les petites industries, et les communautés locales, qui contribuent au développement. Il existe, en effet, de nombreux exemples de communautés rurales qui ont renforcé leur développement en attirant de nouvelles entreprises grâce à leur disponibilité de ressources locales en énergie renouvelable.

*«Les sources d'énergie nouvelles et renouvelables sont au centre de l'action menée à l'échelle mondiale pour amorcer une mutation fondamentale en faveur d'économies vertes, de l'élimination de la pauvreté et du développement durable à terme.» Secrétaire général de l'ONU, 22 août 2011*

Les usines de transformation des aliments peuvent utiliser les sous-produits de la biomasse pour la production combinée chaleur-électricité, généralement consommée sur place. Dans quelques cas, de l'électricité en excès est produite et revendue au fournisseur d'énergie, procurant ainsi des revenus supplémentaires pour le producteur. Les raffineries de sucre utilisent souvent la bagasse (les résidus fibreux riches en cellulose résultant du broyage de la canne à sucre) pour la production combinée chaleur-électricité. Les déchets humides de la transformation, comme les peaux des tomates et les restes de pulpe de la transformation en jus, peuvent être utilisés comme matière première pour produire du biogaz dans des digesteurs anaérobies. Le biogaz sera ensuite utilisé pour produire de la chaleur et de l'électricité sur place, ou sera transformé en biométhane après avoir éliminé les impuretés<sup>20</sup>, pour être injecté dans le réseau de gaz ou comprimé comme carburant (NSCA, 2006). La capacité d'exporter l'électricité ou le biométhane sera limitée si l'exploitation agricole ou l'usine de transformation n'est pas située à proximité des réseaux électriques ou de gaz, car les frais de connexion seront plus chers. En outre, dans le cas des activités de transformation agro-alimentaire saisonnières, les usines ne sont pas en mesure de fournir un flux régulier d'énergie pendant toute l'année. Dans ces cas, il est indispensable d'établir des accords contractuels.

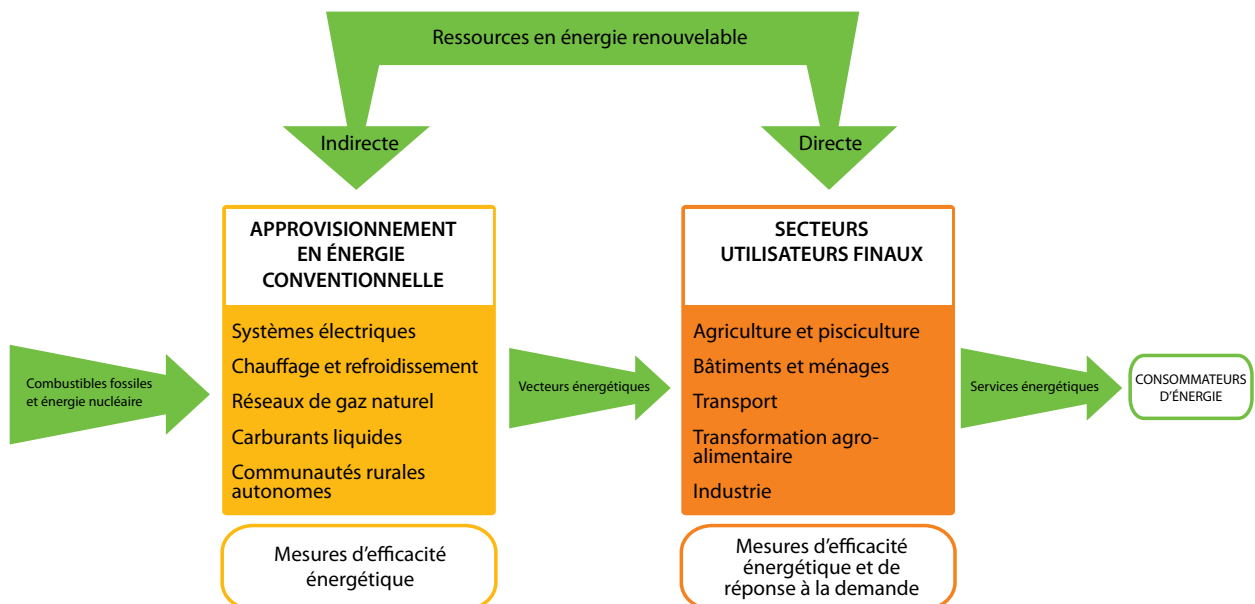
<sup>20</sup> Les impuretés éliminées pendant le procédé sont le dioxyde de carbone et le sulfure d'hydrogène.

La biomasse traditionnelle utilisée comme énergie (bois de feu, résidus des cultures et fumier animal) doit souvent être cueillie ou ramassée ; ce qui exige généralement beaucoup de travail et de temps. Elle est largement utilisée dans les pays à PIB faible pour des usages domestiques, notamment pour la cuisson et le chauffage. Les sources traditionnelles de biomasse ne sont cependant pas toujours produites de manière durable et les émissions de monoxyde de carbone peuvent causer des problèmes de santé ou de sécurité.

Des millions de petits digesteurs anaérobiques domestiques sont amplement utilisés par les agriculteurs de subsistance pour produire du biogaz mais, mise à part la question de l'accès aux services énergétiques modernes (voir chap. 3.3.), ce document ne les aborde pas de façon détaillée. De la même manière, les grands systèmes de production d'énergie renouvelable centralisés, comme les barrages hydroélectriques, les installations solaires à concentration et les centrales géothermiques, ne sont généralement pas intégrés aux systèmes agro-alimentaires et ne sont donc pas examinés ici. Toutefois, les entreprises qui produisent des matériels agricoles, des engrais, des pesticides et autres intrants agricoles ont la possibilité d'acheter de l'énergie verte provenant de sources sobres en carbone pour réduire leur dépendance envers les combustibles fossiles et diminuer leurs émissions de GES. Elles peuvent aussi améliorer l'efficacité énergétique de leurs procédures et réduire ainsi l'énergie liée à la phase de production agricole (voir chap. 3.2).

## 4.1 Systèmes à énergies renouvelables dans la filière agro-alimentaire

L'énergie renouvelable peut être utilisée dans tout le secteur agro-alimentaire, soit directement pour avoir de l'énergie sur place, soit indirectement en intégrant cette énergie dans le système d'approvisionnement en énergie conventionnelle (voir fig. 11). Les sources d'énergie renouvelable sont habituellement très présentes dans les zones rurales, raison pour laquelle la disponibilité d'un approvisionnement énergétique fiable et financièrement accessible est une composante essentielle du développement durable.



**Figure 11.** L'énergie renouvelable peut être utilisée directement sur place par les secteurs utilisateurs finaux de la filière agro-alimentaire en l'intégrant aux systèmes d'énergie conventionnelle. Les services énergétiques offerts aux consommateurs contiendront donc des proportions variables d'énergie renouvelable. (Élaboré à partir de GIEC, 2011c)

Dans le cas de la production agricole et piscicole, il est possible de réduire la dépendance des systèmes agro-alimentaires vis-à-vis des combustibles fossiles en utilisant des énergies renouvelables. Ces dernières peuvent aussi être utilisées pour transporter les matières premières alimentaires brutes, pour transformer les aliments, pour distribuer les produits finis et pour les cuire. Dans les pays à PIB faible, les énergies renouvelables offrent également la possibilité de fournir des services énergétiques de base indispensables (voir chap. 3.3).

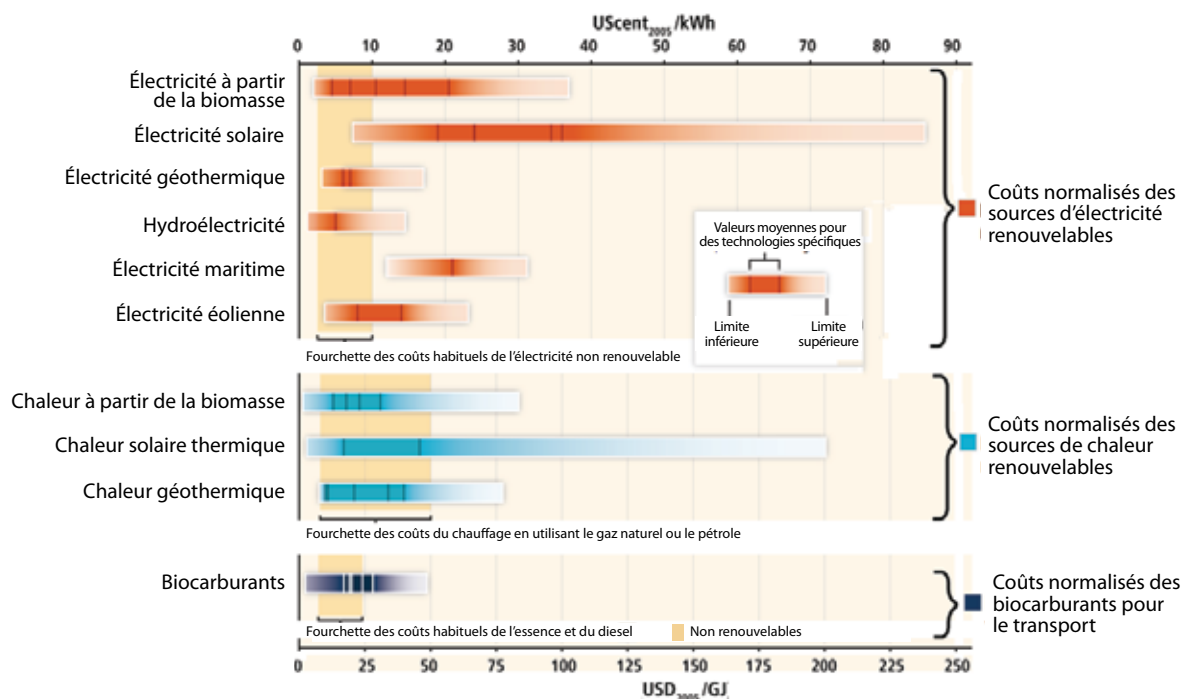
La disponibilité suffisante en énergie dès les premières phases après la récolte est essentielle pour réduire les pertes alimentaires dans les pays à PIB faible. Aussi, une grande attention a été accordée à la possibilité d'utiliser les énergies renouvelables dans ces pays afin de régler le problème (voir par ex. GIZ, 2010). L'énergie solaire et la biomasse ont été largement utilisées pour le stockage à froid et à sec. Ainsi, au Sri Lanka, la biomasse ligneuse est utilisée pour sécher les épices; cette innovation a permis de diversifier les flux de recettes et d'augmenter les revenus d'un éventail d'opérateurs locaux de la filière commerciale des épices. Outre vendre les sous-produits ligneux des plantes de piment aux opérateurs des séchoirs, les petits exploitants peuvent maintenant vendre directement les épices mûres qui peuvent donc être séchées et préservées (FAO, 2009c).

Dans les régions où les bonnes ressources en énergie renouvelable abondent, les agriculteurs, les pêcheurs et les entreprises de transformation alimentaires ont la possibilité d'installer des technologies pour produire de l'énergie éolienne, solaire, ou micro hydroélectrique ainsi que de la bioénergie. Dans l'avenir, il sera également possible de produire l'électricité à partir des ressources maritimes. Les ressources solaires thermiques, géothermiques et de la biomasse générées dans les installations décentralisées peuvent être utilisées pour chauffer ou pour refroidir. Le rapport récemment publié par le GIEC «*Renewable Energy and Climate Change Mitigation (Les sources d'énergie renouvelables et l'atténuation du changement climatique)*» (GIEC, 2011) contient des évaluations détaillées de chaque technologie et examine leur intégration aux systèmes d'approvisionnement énergétiques actuels et futurs. Le rapport analyse aussi les problèmes liés au développement durable, aux coûts, aux éventuels revenus, et aux politiques de soutien.

À l'exception des cultures de biomasse aux fins énergétiques, la superficie nécessaire pour mettre en place un projet sur les énergies renouvelables est normalement assez petite. Des parcs éoliens peuvent être physiquement configurés sur le paysage pour minimiser les conflits fonciers. Généralement, l'équipement éolien occupe 5 pour cent environ de la terre; le 95 pour cent qui reste peut donc continuer à être utilisé pour l'agriculture ou l'élevage. Les énormes panneaux photovoltaïques solaires, en revanche, occupent plusieurs hectares mais sont souvent placés sur les toits des bâtiments. Les petits projets hydroélectriques au fil de l'eau n'occupent en général qu'une superficie restreinte pour le bâtiment turbine. Bardi (2004) a calculé que la fraction de terre servant à remplacer l'utilisation mondiale de combustibles fossiles par des technologies à énergie solaire et éolienne correspondrait à 1,5 pour cent environ de la superficie de terre actuellement utilisée pour l'agriculture. Ce choix aurait donc très peu de conséquences pour la production agricole alimentaire et textile.

À l'heure actuelle, les énergies renouvelables satisfont plus de 13 pour cent de la demande mondiale d'énergie primaire (voir fig. 4). Plus de la moitié de cette énergie provient des sources traditionnelles de biomasse utilisées pour cuisiner et chauffer. De nombreux scénarios montrent que la part d'énergie renouvelable moderne a de bonnes probabilités de s'élever à plus de 70 pour cent en 2050 (GIEC, 2011). Les frais de mise en place des technologies à énergie renouvelable, calculés en considérant leur durée de vie totale, sont généralement plus élevés que les prix moyens des combustibles fossiles pour l'électricité, le chauffage et le transport. Par contre, à mesure que de nouvelles compétences et connaissances sont acquises, les frais d'exploitation des technologies à énergie renouvelable sont susceptibles de baisser. Par ailleurs,

dans de nombreuses situations spécifiques, les énergies renouvelables sont même compétitives sur le plan économique (voir fig. 12). C'est le cas, par exemple, des zones rurales reculées sans accès au réseau électrique: dans ce contexte, les systèmes à énergie renouvelable sont compétitifs car ils dispensent les utilisateurs de payer les frais élevés de connexion au réseau.



**Figure 12.** L'électricité, le chauffage et les biocarburants produits à partir des sources d'énergie renouvelables peuvent être plus chers que lorsqu'ils sont produits à partir de combustibles fossiles conventionnels bien que, dans certaines circonstances, quelques énergies renouvelables sont déjà compétitives (indiqué par leur superposition avec les barres verticales des prix de gros de l'électricité, du chauffage, et des carburants). (Élaboré à partir de GIEC, 2011).

Les déchets d'origine animale, les résidus agricoles et forestiers, les sous-produits de la transformation alimentaire, les déchets alimentaires des détaillants, des ménages et des restaurants sont tous des exemples de biomasse produite à différentes étapes de la filière agro-alimentaire. Ces sources de biomasse constituent des ressources flexibles en énergie qui peuvent être:

- utilisées sur place, si et quand nécessaire, pour fournir des intrants d'énergie directe;
- transformées sur place en énergie à vendre ailleurs;
- vendues hors site pour être rassemblées et utilisées par des centrales de chauffage collectif ou de cogénération à l'aide de digesteurs anaérobiques;
- vendues hors site et rassemblées à une échelle plus vaste, en de plus grosses quantités, pour ravitailler les grandes centrales de production de biocarburants commerciaux.

Par ailleurs, il convient de souligner que la biomasse est sujette à une compétition d'usages externes au secteur énergétique et qu'elle peut être utilisée pour produire des biomatériaux et des produits biochimiques.

Les potentialités de réduction des émissions de GES des systèmes bioénergétiques sont l'objet de nombreux débats. Le développement des bioénergies, et plus particulièrement des biocarburants, va-t-il

concurrer les cultures vivrières pour les ressources en terre et en eau? La manière d'utiliser la terre en sera-t-elle modifiée? Ces modifications auront-elles des effets sur les émissions de GES? Il n'y a pas de réponses faciles à ces questions. Certains craignent que la hausse des prix du carbone rendra la production de biomasse tellement intéressante que les communautés agricoles seront expulsées de leurs terres, que les forêts humides et les autres écosystèmes vulnérables seront détruits pour faire place aux plantations de biomasse, et que les prix des aliments augmenteront de manière significative (Azar, 2011). D'autres soutiennent que la production de bioénergie permettra de diversifier les marchés agricoles: ainsi, le blé et le maïs seront utilisés pour la fabrication de farines, d'aliments pour animaux et comme matière première pour la production de biocarburants. Une telle diversification favorisera les investissements en capital et en compétences, indispensables pour le secteur agricole et notamment dans les pays en développement. L'atténuation du processus de salinisation des sols en Australie, à travers la production de biomasse forestière associée à la production d'aliments, montre les bénéfices potentiels procurés par le développement des bioénergies. La gestion de cultures énergétiques peut aussi préserver, et dans quelques cas augmenter, la fertilité des sols pour la production future d'aliments.

Grâce à une gestion prudente, la biomasse peut être produite d'une façon durable par des moyens qui n'entrent pas en compétition avec les cultures vivrières pour la terre et l'eau, et qui ne contribuent pas à l'augmentation de l'effet de serre. Il existe des possibilités de développement des systèmes de production bioénergétique pour pouvoir produire des aliments et des carburants, comme dans le cas des systèmes intégrés aliments-énergie (voir chap. 4.4.2). D'après une analyse fondée sur 15 études de cas dans 12 pays en Amérique latine, en Afrique et en Asie (FAO, 2009c), la bioénergie générée par des projets à petite échelle dans l'exploitation sert à produire de la chaleur, de l'électricité et des biocarburants à usage local ; améliore les moyens d'existence des populations rurales; réduit la dépendance envers les combustibles fossiles importés; et offre de nouvelles opportunités aux communautés rurales, sans conséquences pour la sécurité alimentaire locale. Le projet «Cogen for Africa», financé par le Fonds pour l'environnement mondial (FEM), aide les pays africains à mettre sur pied des systèmes bioénergétiques de PCCE. Cette initiative pourrait fournir des sources d'énergie renouvelable et atténuer les émissions de GES en même temps. Les Îles Maurice obtiennent déjà près de 40 pour cent de leur électricité totale grâce à des systèmes de PCCE alimentés en bagasse (Karekezi et Kithyoma, 2006).

Quelques pays pratiquent délibérément des cultures énergétiques, comme le maïs, la canne à sucre ou les plantes oléagineuses, pour produire de la biomasse à convertir en carburant pour le transport et la PCCE. Les inquiétudes concernant la compétition pour les ressources en terre et en eau de la production alimentaire et de la production de biocarburants, favorisent la recherche pour le développement de nouvelles variétés agricoles commerciales améliorées. Cela permettra de réduire les besoins en eau des cultures et d'augmenter les rendements en rendant la production de cultures destinées aux biocarburants énergétiquement plus efficace à l'avenir.

Les différents résidus de la filière agro-alimentaire fournissent aussi une possibilité de produire de l'énergie. Les frais de collecte et d'acheminement de cette biomasse vers une centrale de conversion d'énergie (retrouvés financiers par GJ livrées) sont spécifiques à chaque site (GIEC, 2011d). Ils changent en fonction de l'échelle de production, de la distance moyenne nécessaire pour le transport et du type de biomasse produite. Dans les usines de transformation alimentaire, où la biomasse comme les grains et les touffes, résultant de la production d'huile de palme, est déjà collectée sur place pendant les activités de transformation, les coûts sont plus bas (approximativement 0-2 USD/GJ). L'utilisation de la biomasse comme source d'énergie permet même de faire des économies dans la mesure où elle élimine les frais de mise en décharge. Dans les exploitations agricoles, les activités de collecte et de stockage des déchets d'origine animale et des résidus

des cultures (par ex. la paille des céréales) augmentent les coûts d'acheminement de la biomasse (environ 2-4 USD/GJ). En effet, les cultures pratiquées spécifiquement à des fins bioénergétiques ont des coûts d'acheminement plus élevés qui comprennent les frais de production, de récolte, de transport et de stockage (environ 5-10 USD/GJ ou plus).

Bien que l'amélioration des performances et des rendements de conversion soit continuellement recherchée, les technologies modernes de conversion thermochimique (comme la combustion, la gazéification et la pyrolyse) sont parfaitement développées. Il en est de même pour certains procédés de conversion biochimique comme la digestion anaérobique, ou méthanisation. Une analyse approfondie menée à cet égard dans des centrales de démonstration et commerciales a montré que les coûts sont très différents et spécifiques aux sites (voir fig. 12).

L'intérêt pour l'utilisation des plantes aquatiques, des macro-algues et des micro-algues comme matière première a augmenté ces dernières années en raison des potentialités de fixation du carbone de ces organismes. La culture de plantes aquatiques dans les lacs et les eaux côtières peut baisser le niveau élevé d'azote et de phosphore dans l'eau provoqué par l'excès d'éléments nutritifs venant des centres urbains ou des terres agricoles. Le rendement en huile par hectare des plantes aquatiques peut être plusieurs fois supérieur à celui des cultures d'huile végétale. Malgré cela, de nombreux projets de démonstration ont confirmé que séparer la masse cellulaire des substrats utilisables est encore très coûteux et qu'un tel système nécessite d'un grand apport d'énergie. Dans l'avenir, les bio-raffineries à base d'algues et la production de plantes marines assimilant les éléments nutritifs dissous associées à la pisciculture ou mariculture intensive dans des systèmes d'aquaculture multi-trophiques intégrés pourraient être une solution viable (Soto, 2009; Van Lersel et al. 2010; Thomas, 2011).

L'interaction entre la production de biomasse et le prix des denrées alimentaires est une question très controversée. La volatilité des marchés énergétiques pourrait avoir un impact considérable sur les prix des aliments ; ce qui aurait des conséquences importantes pour la sécurité alimentaire et le développement durable (GIEC, 2011b). On craint également qu'en établissant un lien entre le carbone et la production de bioénergie, le sol ne pourra pas se renouveler et que le prélèvement de biomasse contribue davantage à épuiser les éléments nutritifs. Ce problème peut limiter les quantités de biomasse pouvant être exploitées pour produire de l'énergie dans un site déterminé, aspect qui revêt une importance particulière pour l'agriculture de conservation et les systèmes d'agriculture biologique qui évitent d'utiliser les engrais minéraux. L'intégration entre production d'énergie et production d'aliments à partir de la biomasse est techniquement réalisable dans de nombreuses situations, mais elle doit être gérée avec prudence et de manière durable. L'analyse approfondie de la durabilité de la production et de l'utilisation de biomasse a été effectuée par de nombreuses organisations dont, la FAO, la section bioénergie de l'AIE, la table ronde sur le développement durable des biocarburants et le Partenariat mondial sur les bioénergies.

## 4.2 Impacts du changement climatique sur les énergies renouvelables

Il a déjà été établi que le changement climatique aura très probablement une incidence sur la production d'aliments, que le secteur alimentaire devra s'adapter, et que les investissements ayant pour but d'améliorer l'adaptation agricole favoriseront inévitablement certaines cultures et certaines régions plutôt que d'autres. L'Asie du Sud et l'Afrique australe sont les régions qui, à moins de prendre les mesures d'adaptation appropriées, subiront les impacts les plus négatifs du changement climatique étant donné que de nombreuses cultures de base importantes pour la sécurité alimentaire de leurs populations pourraient subir une baisse des rendements (Lobell *et al.*, 2008).



Le changement climatique aura aussi des impacts sur le potentiel technique des ressources en énergie renouvelable et sur leur distribution géographique (GIEC, 2011). Parmi les exemples d'impact, on peut citer:

- l'augmentation du couvert nuageux qui réduira, probablement pas de manière significative, les niveaux de rayonnement solaire;
- une légère augmentation, mais avec des variations considérables entre les régions et les pays, du potentiel technique de l'hydroélectricité induite par la modification des précipitations;
- des changements prévisibles dans la distribution régionale des ressources en énergie éolienne;
- une évolution, probablement pas significative au niveau mondial mais avec des différences considérables au niveau régional difficiles à évaluer, de la productivité des cultures énergétiques induite par la modification des précipitations, des conditions du sol, et du taux de concentration de CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère.

## 4.3 Démarches prometteuses pour les systèmes agricoles énergétiquement intelligents

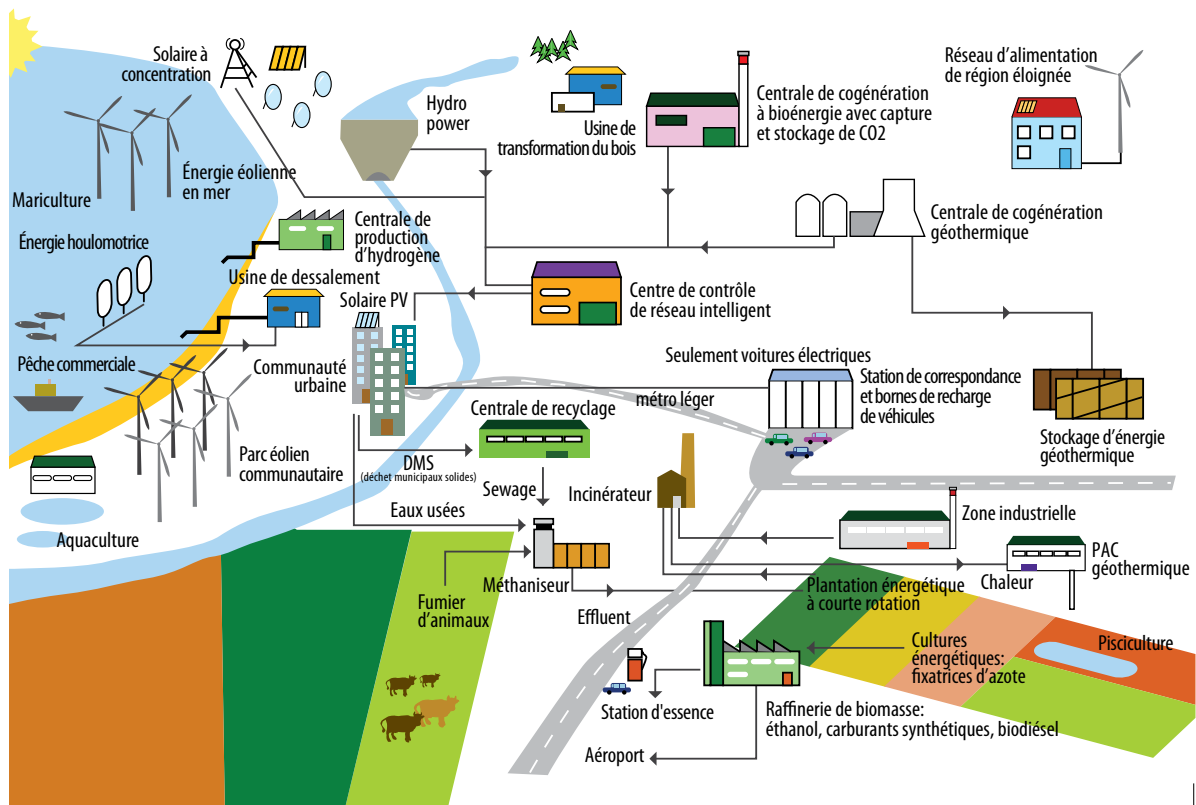
### (i) Démarche au niveau des paysages

La «démarche au niveau des paysages» met la production agricole et la gestion des ressources naturelles en relation avec la réduction de la pauvreté à travers l'amélioration de la filière agro-alimentaire. Ce genre de démarche offre des possibilités de développement rural qui satisfont les besoins des communautés locales. À ce jour, ce genre de démarche avait plutôt tendance à ne pas tenir compte de l'élément énergie. Toutefois, le programme multi agence *Landscape for People, Food and Nature* (des paysages pour les gens, les aliments et la nature) prévoit justement de rédiger un rapport sur l'énergie dans les paysages (*Energy in landscapes*).

### (ii) Systèmes et pratiques agricoles

Les systèmes intégrés aliments-énergie (SIAE), dans lesquels les aliments et l'énergie sont produits simultanément à l'intérieur de l'exploitation pour obtenir une intensification durable des cultures, est une pratique énergétiquement intelligente qui suit la démarche au niveau des paysages (voir fig. 13). Dans les exploitations agricoles à grande échelle et à consommation élevée, qui pratiquent souvent des monocultures, ainsi que dans les entreprises spécialisées isolées, comme l'élevage intensif de porcs, les SIAE aident à améliorer l'efficacité énergétique de la production primaire. Dans certains cas, ils peuvent être implantés sans investissements coûteux (Bogdanski *et al.*, 2010a). De nombreux exemples démontrent qu'il est possible de les mettre en œuvre avec succès dans des exploitations à petite et à grande échelle (voir Bogdanski *et al.*, 2010b).

Dans les petites exploitations, les systèmes intégrés aliments-énergie peuvent offrir un certain niveau d'autosuffisance énergétique aux ménages et aux villages. Ils peuvent aussi s'appliquer à des activités agricoles à grande échelle en suivant deux méthodes différentes. La première combine production d'aliments et d'énergie sur la même parcelle de terre en utilisant les cultures successives ou mixtes (ex : les systèmes agro-forestiers) associés, si possible, à la production animale et halieutique. La seconde consiste à maximiser les synergies entre production alimentaire et génération d'énergie renouvelable en utilisant des sous-produits (résidus des cultures, déchets d'origine animale) pour obtenir de la bioénergie. Si d'autres sources d'énergie renouvelable sont disponibles, elles seront aussi intégrées dans le système (Bogdanski *et al.*, 2010a).



**Figure 13.** Système intégré aliments-énergie théorique, selon une perspective paysagère terrestre/marine qui prévoit la mise en place d'un système agro-alimentaire durable et sûr pour les pays à PIB élevé/faible (élaboré à partir de AIE, 2009).

Le fabricant de matériels agricoles New Holland a développé le concept d'«exploitation agricole indépendante sur le plan énergétique», dans laquelle l'électricité renouvelable est générée sur place et en partie utilisée dans la production de combustible à base d'hydrogène pour les tracteurs et PAC camions (Rodriguez, 2011). À plus petite échelle, Ho (2011) a exposé les grandes lignes d'une «ferme de rêve» intégrant aliments et énergie: fondée sur l'idée de ferme chinoise familiale traditionnelle, la ferme de rêve minimise les déchets et optimise l'utilisation durable des ressources. Il a été calculé qu'en s'appuyant principalement sur les pratiques agricoles biologiques et l'utilisation de digesteurs anaérobies, elle dispose d'un potentiel pour réduire la consommation chinoise d'énergie de 14 pour cent, ou même plus si d'autres solutions d'économie d'énergie sont adoptées. Un autre concept qui a été développé est celui d'«exploitation agricole à énergie intégrée»: cette exploitation comporte une entreprise centrale et un espace habitable entouré de terres produisant des aliments, de la biomasse et autres ressources en énergie renouvelable (El Bassam, 2010). Ce dernier concept va au-delà de l'agriculture et de l'élevage pour inclure l'aquaculture en vue de produire des denrées alimentaires, des aliments pour animaux et de l'énergie (Van Iersel et al. 2010).

Les systèmes intégrés aliments-énergie permettent d'établir un équilibre entre production basée sur la monoculture, qui recherche la maximisation du profit à court terme, et les anciens «systèmes agricoles mixtes» établis de longue date, qui intègrent élevage, pâturage et production agricole sur une même propriété. Pour profiter des avantages procurés par les deux méthodes, les SIAE pourraient évoluer vers des systèmes régionaux à grande échelle utilisant les techniques de production intégrée aliments-énergie entre plusieurs exploitations environnantes. Cela favoriserait, en outre, une répartition du travail plus spécialisée et peut être plus efficace. Ces systèmes seraient en mesure de cerner les objectifs du développement rural tant dans les pays développés que dans les pays en développement recherchant la sécurité alimentaire et énergétique.

Les méthodes de gestion agricole et piscicole à faible apport d'intrants externes incluent la rotation des cultures, les techniques de l'agriculture biologique, l'intégration agriculture et élevage (FAO, 2011b), et l'association agriculture et pisciculture. Ces méthodes font un meilleur usage des ressources naturelles, utilisent les déchets d'origine animale et les résidus des cultures pour remplacer les engrais minéraux, et comptent beaucoup plus sur la participation des hommes et des animaux (Pretty *et al.*, 2006). De même, les techniques de l'agriculture biologique dépendent généralement d'un apport d'énergie par hectare plus faible, notamment pour les volailles et les cultures horticoles (Williams *et al.*, 2010). Toutefois, l'indicateur plus utile d'énergie par unité d'aliment produite (MJ/kg), une mesure d'intensité énergétique, dépend de la productivité obtenue qui est, en fait, extrêmement variable. Les résultats d'études comparatives entre faible apport d'intrants externes et techniques de l'agriculture biologique sont variables, et les tendances à long terme subsistent. Au Royaume-Uni, par exemple, un système agricole intégré, placé sous surveillance pendant 5 ans, a consommé 8 pour cent en moins d'énergie qu'un système agricole conventionnel, grâce principalement à la réduction des cultures. Par contre, étant donné que les rendements agricoles avaient baissé, les apports d'énergie par unité produite (MJ/kg de rendement) étaient analogues (Bailey *et al.*, 2003). D'autre part, l'évaluation sur 12 ans d'un système de rotation des cultures à faible apport d'intrants, en Italie, a enregistré ~30 pour cent en moins d'intrants d'énergie par rapport à un système conventionnel, grâce à une utilisation plus prudente des engrais (Nassi o di Nasso *et al.*, 2011). Les intensités de gestion n'ont pas eu de conséquences significatives pour les rendements agricoles et énergétiques.

L'analyse de l'intensité énergétique des systèmes de production primaire, ainsi que les moyens de réduire leur consommation d'énergie, devraient être examinés en même temps que d'autres facteurs de durabilité à long terme comme, la biodiversité, la qualité des sols, ou l'amélioration des moyens d'existence et de la santé publique. Il est très important de considérer l'accroissement de la productivité, car toute diminution des rendements a tendance à provoquer une augmentation de l'intensité. L'étude de quelques exploitations d'agriculture biologique a mis en évidence une diminution de la demande d'énergie, mais cela peut être partiellement compensé par une augmentation des apports de main d'œuvre (Ziesemer, 2007).

### **(iii) Arrangements institutionnels - Modèles d'entreprise novateurs**

En vue de relever les défis énormes et complexes posés par la connexion aliments-énergie-climat, il est impératif de mettre en place des arrangements institutionnels multi-acteurs inclusifs. De tels arrangements doivent traiter toute une gamme de questions dont, la répartition du travail, les schémas financiers, les services d'assistance technique et les modèles d'entreprise.

La répartition du travail et l'établissement d'arrangements financiers clairs entre les agriculteurs et les distributeurs d'énergie sont indispensables pour garantir la qualité et le développement de systèmes agricoles énergétiquement intelligents. Dans les systèmes intégrés aliments-énergie, la répartition du travail est déterminée par les différents types de sous-traitance. Dans ces cas, les agriculteurs se concentrent sur ce qu'ils font mieux, à savoir l'agriculture, tandis que les autres acteurs s'occupent des besoins spécifiques liés à la production d'énergie. Voici quelques exemples d'arrangements:

- En Angleterre, les agriculteurs produisent du blé et une centrale de production de bioénergie leur achète la paille (Bogdanski *et al.*, 2010a).
- En Chine, dans une ferme communale modèle pour la production de biogaz, les agriculteurs pratiquent d'autres cultures et ne s'occupent ni d'élever les porcs ni de produire du biogaz. Par contre, ils aident financièrement l'élevage communal porcin à acheter les cochons. La ferme communale est chargée d'élever les porcs et de produire l'énergie. En contrepartie, les agriculteurs reçoivent de la ferme communale des

dividendes annuels pour chaque vente de porc, ainsi que du biogaz et de l'engrais liquides à bon prix.

- Au Bangladesh, deux modèles d'entreprise novateurs exploitent les besoins en engrais organique du secteur privé pour stimuler le développement de la production ménagère de biomasse pour l'énergie (ISD, 2010). Le premier modèle d'entreprise essaye de créer une filière d'approvisionnement régulier en bioénergie à travers un programme de crédit-bail de bovins. Les femmes sont les principales bénéficiaires du programme: elles reçoivent des subventions pour acheter une vache et un veau auprès d'une exploitation de thé biologique, puis elles remboursent le prêt en vendant du lait et des effluents à l'exploitation de thé. Dans le second modèle d'entreprise, actuellement dans sa phase d'expérimentation, l'exploitation de thé biologique offre des prêts aux ménages pour payer la mise en place d'un système à biogaz. Les ménages remboursent ensuite les prêts en vendant les effluents et/ou le lisier à l'exploitation de thé. Lorsque la centrale de biogaz sera complètement payée, les ménages pourront choisir de continuer à vendre le lisier et les effluents à l'exploitation.
- La «rémunération à l'acte», comme dans le cas des sociétés de services énergétiques (SSE), les mécanismes de crédit-bail ou de concession.

La Banque mondiale (2008) fournit une analyse des arrangements commerciaux sur les énergies renouvelables. Plusieurs de ces programmes n'en sont qu'à leurs débuts, et leur performance est encore difficile à évaluer. D'après les premières vérifications pourtant, aucun système institutionnel ne présente des taux de réussite plus élevés que les autres (GIZ, 2011). Les premières expériences montrent que les arrangements ou programmes complexes, avec plusieurs partenaires, sont particulièrement vulnérables aux actions politiques ou commerciales motivées qui mettent en doute les règles du jeu dans un environnement encore en évolution du point de vue législatif. Afin de réduire ces risques, il serait utile que les démarches de promotion des énergies renouvelables bénéficient d'une quelque forme de garantie partielle des risques (Banque mondiale, 2008).

*Pour résumer*, les systèmes d'énergie renouvelable sont bien compris de tous et le secteur se développe rapidement. Là où les ressources en énergie renouvelable abondent, il est possible d'utiliser les terres agricoles pour produire des aliments et générer de l'énergie. Les usines de transformation alimentaires disposent souvent de sous-produits de la biomasse pouvant être utilisés pour produire de la bioénergie. Les systèmes d'énergie renouvelable en milieu rural peuvent procurer de nombreux bénéfices connexes pour les propriétaires fonciers, les entreprises et les communautés rurales. Ces systèmes peuvent jouer un rôle fondamental en favorisant l'accès à l'énergie pour réduire la pauvreté énergétique dans les pays à PIB faible. Bien que d'autres études soient nécessaires, les systèmes intégrés aliments-énergie sont des exemples réalistes de systèmes alimentaires énergétiquement intelligents qui suivent une démarche au niveau des paysages. Enfin, des arrangements institutionnels et des mécanismes de financement impliquant différents types de partenaires sont nécessaires pour appuyer le développement du secteur des énergies renouvelables.

## 5. Accès à l'énergie pour assurer les moyens d'existence dans les systèmes agro-alimentaires

Quand des ressources en énergie renouvelable sont disponibles, elles peuvent être utilisées localement pour lutter contre la pauvreté énergétique des communautés rurales. Elles peuvent fournir de l'énergie durable pour l'agriculture et les activités de transformation, améliorant ainsi les performances du secteur agro-alimentaire. En outre, la plus grande disponibilité en énergie peut offrir aux PME de la filière agro-alimentaire la possibilité de diversifier leurs activités et d'obtenir des revenus supplémentaires.

La faible disponibilité de services énergétiques modernes efficaces dans de nombreuses régions du monde constitue un obstacle de taille pour le développement économique et social. La fourniture de services énergétiques peut faire beaucoup pour améliorer la production et la consommation alimentaire et pour préserver la sécurité alimentaire. L'augmentation du prix mondial des aliments en 2008, due en partie à la hausse du prix de l'énergie, a frappé plus durement les pays à PIB faible. Or, dans les ménages les plus démunis des pays à PIB faible, la facture alimentaire atteint 50 à 80 pourcents des dépenses totales, tandis que dans les pays à PIB élevé, un ménage moyen consacre seulement 7 à 15 pourcents de son budget à l'alimentation. L'accès aux services énergétiques est donc essentiel pour favoriser le développement des activités économiques et améliorer les moyens d'existence. Une partie importante de la population des pays à PIB faible vit dans des ménages dont les moyens d'existence dépendent principalement de l'agriculture et de l'économie agro-alimentaire. Les pratiques de production agricole améliorées, la transformation agro-alimentaire, les opérations post-récolte et de stockage, ainsi que les activités de distribution et de vente au détail, peuvent contribuer à la lutte contre la pauvreté. Tout cela requiert des services énergétiques modernes au niveau local. De plus, en considérant qu'actuellement presque 3 milliards de personnes disposent d'un accès limité aux services énergétiques modernes pour le chauffage et la cuisine domestiques, et que 1,4 milliards de personnes n'ont pas du tout accès ou disposent d'un accès limité à l'électricité, la fourniture de services énergétiques liés aux systèmes agro-alimentaires peut répondre aux besoins énergétiques de base, améliorant ainsi les moyens d'existence et appuyant le développement local. La question de l'accroissement des revenus des agriculteurs, et des autres bénéfices connexes découlant d'un meilleur accès à l'énergie pour le secteur agro-alimentaire et les régions rurales, a été traitée d'une manière plus approfondie dans le rapport *Poor People's Energy Outlook* (Les perspectives énergétiques des populations démunies) (Practical Action, 2012) qui sera publié en 2012.

*Les énergies renouvelables qui facilitent l'accès à des services énergétiques modernes, fiables, pas coûteux et propres sont particulièrement bien adaptées aux populations rurales isolées et constituent, dans beaucoup de cas, l'option la moins chère d'accès à l'énergie (GIEC, 2011e).*

Pour faire face aux investissements particulièrement élevés relatifs à l'installation des technologies à énergies renouvelables (petites éoliennes, micro-centrales hydroélectriques, systèmes à énergie solaire photovoltaïque, digesteurs anaérobiques, et petites installations de production bioénergétique de chaleur et d'électricité), il serait utile que les gouvernements nationaux et locaux, les organismes d'aide et le secteur privé mettent en place des arrangements de microcrédit pour les petits agriculteurs. À cet égard, l'accessibilité économique des nouvelles technologies doit être étudiée attentivement en tenant compte des revenus des communautés locales. La disponibilité de ressources locales déterminera les compromis qu'il faudra faire pour obtenir ces bénéfices connexes, à la lumière des éventuels coûts plus élevés d'introduction de technologies à énergies renouvelables (voir chap. 4.1). Le potentiel des énergies renouvelables à réduire les

gaz à effet de serre et à procurer d'autres avantages devrait encourager les gouvernements locaux, régionaux et nationaux à formuler des politiques favorisant leur développement (voir chap. 6).

La disponibilité en ressources solaires, éoliennes, hydrauliques et en biomasse, ainsi que leurs potentiels spécifiques, varient en fonction du lieu. Ainsi, la vitesse du vent tend à être supérieure sur les collines plutôt que sur les terres arables plates. Quand des ressources en énergie renouvelable sont disponibles, l'introduction de technologies à énergies renouvelables peut offrir des services essentiels comme l'éclairage domestique, la cuisson, les loisirs et la communication. Les retombées positives économiques, sociales, et environnementales de l'introduction de technologies à énergies renouvelables comprennent: le renforcement du développement local, la création de nouvelles possibilités d'emploi, l'amélioration des moyens d'existence, la plus grande cohésion sociale, la plus grande compétence des commerçants locaux, de meilleures conditions de santé grâce à la réduction de la pollution atmosphérique, la diminution du travail et une division plus équitable du travail par sexe (GIEC, 2011b). Dans le cas des petits exploitants, un meilleur accès à l'énergie peut être important pour augmenter l'offre de travail nécessaire à garantir une production alimentaire suffisante.

En outre, les ménages touchés par la pauvreté énergétique passent une bonne partie de leur temps à collecter du bois de feu pour satisfaire leurs besoins énergétiques fondamentaux. En améliorant l'accès à l'énergie, le temps passé à collecter le bois de feu sera inférieur et les ménages pourront se consacrer à des activités plus productives. Par ailleurs, la détermination du temps et du travail perdu à cause de la pauvreté énergétique précisera davantage les compromis plus rentables, entre faciliter l'accès à l'énergie et mettre en place des systèmes de production alimentaire durables dans les pays en développement.

L'accessibilité financière et les questions culturelles sont essentielles en matière de déploiement de technologies énergétiques nouvelles ou meilleures. L'introduction de modèles de réchauds domestiques améliorés se poursuit ; elle est surtout une réussite lorsque l'existence de dispositifs de microcrédit a permis aux ménages de réaliser les investissements nécessaires. Les réchauds à biomasse traditionnelle sont énergétiquement moins efficaces, moins sains et à plus forte intensité de main d'œuvre que les modèles à énergie solaire ou à biogaz, mais le fait qu'ils soient souvent moins coûteux est un aspect fondamental pour les communautés rurales plus pauvres (Geoghegan et al, 2008, PNUD, 2009). Les autres combustibles de la biomasse actuellement mis au point en vue de proposer des appareils de cuisine plus efficaces et sains sont, entre autres, les gels éthanol et le diméthyléther (DME) (GIEC, 2011b). Les nouveaux modèles de réchauds doivent aussi être acceptables du point de vue culturel. En effet, l'utilisation de réchauds à biomasse plus efficaces permet, par rapport aux feux ouverts, de réduire de moitié la consommation en bois de feu traditionnel (GIEC, 2011b) mais, malheureusement, les programmes conçus pour introduire ce type de modèles n'ont pas tous obtenu les résultats escomptés. Cela est souvent déterminé par la nature informelle de la filière d'approvisionnement en bois de feu et la mauvaise connaissance des populations locales ou de leurs habitudes culinaires. Par exemple, les utilisateurs préfèrent peut-être cuisiner au feu de bois le soir, lorsqu'il fait plus frais, plutôt que de le faire à la chaleur du jour avec un four à énergie solaire. Sur les 2,7 milliards de personnes qui dépendent de la biomasse traditionnelle pour cuisiner et les 0,3 milliards de personnes qui dépendent du charbon, un quart environ utilise aujourd'hui des modèles de réchaud améliorés ; deux tiers de ces 166 millions de ménages se trouvent en Chine (PNUD, 2009).

L'annexe 2 indique les apports d'énergie directe, les relatives intensités de la demande d'énergie nécessaire pour une gamme d'activités de production primaire, et les éventuelles ressources en énergie renouvelable disponibles à partir de ces activités. Étant donné que chaque région est dotée de ressources naturelles spécifiques pouvant être employées pour la production d'énergie renouvelable, les exemples typiques illustrés dans le tableau (voir annexe 2) présentent de nombreuses exceptions. Les résidus de la biomasse des

forêts et des petites parcelles boisées ne sont pas inclus, ni le sont le travail de l'homme, la traction animale, ou la biomasse traditionnelle utilisée dans les pays à PIB faible.

Un équilibre doit parfois être trouvé entre amélioration de l'accès aux nouvelles sources d'énergie et augmentation de l'efficacité des énergies existantes. Le choix dépendra des conditions locales et des compromis économiques en cause pour chaque solution. En subventionnant le prix de vente au détail des combustibles fossiles importés, ou en introduisant des mesures d'appui à l'établissement de technologies à énergies renouvelables en milieu rural, les gouvernements peuvent faciliter l'accès à l'énergie dans les communautés agricoles. Cette dernière solution permet de fournir de l'énergie directement au système alimentaire local (voir chap. 4). La production à petite échelle de biocarburants peut alimenter les machines agricoles et les véhicules pour transporter les produits agro-alimentaires vers les marchés locaux. À titre d'exemple, l'huile végétale pure<sup>21</sup> peut être directement utilisée dans les moteurs diesel pour générer de l'électricité ou faire fonctionner l'équipement agricole. En principe, l'introduction de ces nouveaux systèmes devrait accroître les rendements agricoles, améliorer les activités de stockage et de transformation, réduire les futurs investissements et les frais d'exploitation, et rendre le travail de l'homme plus efficace.

---

21 Par «huile végétale pure» ou brute, on entend l'huile extraite du matériel végétal et utilisée comme carburant en l'état.

## 6. Options de politiques

**R**endre toute la filière agro-alimentaire énergétiquement intelligente pour les systèmes agro-alimentaires à petite et grande échelle, et améliorer l'accès à l'énergie pour les agriculteurs de subsistance, ne sera pas possible sans la mise en place de politiques d'accompagnement solides et à long terme. Des exemples de politiques favorables aux entreprises existent à différentes stades du secteur agro-alimentaire. Ces politiques devront être perfectionnées pour assurer une démarche intersectorielle au niveau des paysages.

Un grand nombre de politiques en vigueur encouragent les entreprises ou les ménages à faire une utilisation plus efficace de l'énergie (CME, 2010) et soutiennent les projets en matière d'énergies renouvelables (REN21, 2011). D'autres politiques ont été spécifiquement formulées pour améliorer l'accès à l'énergie (Practical Action, 2009). La plupart de ces politiques ont rencontré un certain succès mais elles n'ont pas toujours été rentables (AIE, 2008). Par contre, peu d'organisations internationales, ou de gouvernements nationaux et locaux, ont lié les politiques relatives à l'énergie aux politiques liées au renforcement du secteur agro-alimentaire et la préservation de la sécurité alimentaire.

En effet, les politiques alimentaires et agricoles devraient être mises en œuvre conjointement aux politiques énergétiques. Lorsque cela est approprié, elles devraient aller dans le sens des politiques conçues pour atteindre d'autres objectifs nationaux de développement dans des domaines comme le transport, la santé, le développement rural, l'immigration, l'innovation technologique et la croissance économique.

Les politiques nationales en matière d'agriculture et de sécurité alimentaire qui reflètent les facteurs environnementaux, sociaux et économiques à la base des systèmes agro-alimentaires, peuvent également servir à renforcer la sécurité énergétique d'un pays. Les politiques d'atténuation du changement climatique – d'intérêt pour les signataires du Protocole de Kyoto – sont également importantes pour les secteurs énergétique et alimentaire en tant que mesures favorisant le développement économique et social, qui est une priorité pour les pays à PIB faible (GIEC, 2011e). Les mécanismes appuyant l'amélioration de l'efficacité énergétique et l'utilisation de technologies à énergies renouvelables dans le secteur agro-alimentaire pourraient être intégrées aux politiques actuelles pour valoriser les situations gagnant-gagnant et tirer parti des possibles bénéfiques connexes.

Les politiques énergétiques et agricoles actuelles devraient être évaluées pour déterminer si elles sont propices à la promotion de l'énergie durable dans le secteur agro-alimentaire. À cet égard, il faudra probablement apporter des modifications aux cadres politiques existants pour aligner ces politiques et faire en sorte qu'elles favorisent la transition vers des systèmes agro-alimentaires énergétiquement intelligents.

Ce chapitre fournit des exemples de politiques existantes qui pourraient être appliquées plus largement pour appuyer les objectifs et les aspirations décrits dans les chapitres 3 et 4, en vue de réduire la grande dépendance énergétique du secteur agro-alimentaire, envers les combustibles fossiles en particulier. À cet effet, il convient d'adopter une démarche intersectorielle plutôt que de formuler des politiques spécifiques pour chaque sous-secteur comme c'est le cas actuellement.

### 6.1 Atténuation du changement climatique

Dans les pays de l'Annexe 1 du Protocole de Kyoto<sup>22</sup> les politiques énergétiques sont souvent liées à la réalisation des objectifs du Protocole. Aux termes de l'accord de Copenhague de 2009, de nombreux

<sup>22</sup> Principalement les pays de l'OCDE et de l'ancienne Union Soviétique, à l'exception des États-Unis.



pays ont adopté des mesures d'atténuation appropriées au niveau national (MAAN) pour stabiliser leurs émissions de gaz à effet de serre (CCNUCC, 2011). Cette action collective initiale avait pour objectif de contenir le réchauffement global de la planète à 2°C. Malheureusement, le climat est sur la voie d'un réchauffement de 3,5°C d'ici à 2035 (AIE, 2010). L'élaboration de politiques à long terme plus rigoureuses est donc indispensable pour freiner l'augmentation de la température mondiale. Les interventions concernant la sécurité alimentaire destinées à réduire les apports d'énergie vers le secteur agro-alimentaire tout en établissant des approvisionnements en énergie renouvelable à partir de ce secteur, contribuent à la mise en œuvre de politiques énergétiques ayant pour but de stabiliser les émissions de GES. Une méthode combinée qui tienne compte des relations complexes entre les aliments, l'énergie et les changements climatiques procurera de nombreux avantages au niveau mondial, national et local.

Pour atteindre les objectifs de réduction des émissions mondiales de GES, il faudra apporter de profonds changements aux politiques existantes. Étant donné la complexité du problème, il n'existe pas de démarche unique d'élaboration de politiques d'atténuation des GES qui aient un impact positif sur la sécurité des approvisionnements agro-alimentaires. L'explication réside en partie dans le fait que les systèmes agro-alimentaires à petite et à grande échelle, des pays à PIB faible et des pays à PIB élevé, présentent d'énormes différences. La mise en œuvre de ces politiques demandera différentes formes d'engagements en fonction des contextes nationaux spécifiques.

Des politiques fortes basées sur les incitations fiscales, des financements publics et des réglementations sévères sont nécessaires pour réduire les émissions de GES. Les démarches les plus réussies sont celles qui utilisent une combinaison de mesures différentes telles que l'investissement en recherche et développement, ou la sensibilisation et l'éducation du public (AIE, 2007). Les innovations technologiques allant de pair avec des mesures d'incitation orientées vers le marché sont une méthode fréquente d'atténuation des émissions. Une analyse plus approfondie est cependant nécessaire afin de déterminer si ces interventions portent à une augmentation du prix des denrées de base et à de plus grandes privations pour les groupes vulnérables.

## 6.2 Agriculture

Les politiques agricoles qui favorisent les systèmes agro-alimentaires énergétiquement intelligents sont semblables aux politiques utilisées pour promouvoir le modèle «épargner pour produire» (voir chap. 1). Elles appuient les pratiques agricoles respectueuses de l'environnement et renforcent la sécurité foncière.

Les politiques agricoles devraient donc encourager l'adoption de bonnes pratiques agricoles étant donné qu'elles tendent à augmenter la productivité, à réduire les apports d'énergie et à limiter les émissions de GES. Parmi les bonnes pratiques agricoles, on peut citer (FAO, 2011a):

- l'agriculture de conservation;
- le maintien de la santé des sols;
- les systèmes intégrés aliments-énergie;
- la culture de variétés tolérant la sécheresse;
- l'agriculture de précision<sup>23</sup>;
- la gestion améliorée en matière d'application d'engrais et de produits chimiques;
- la gestion améliorée des ressources en eau.

Les agriculteurs sont peu disposés à prendre des risques et n'aiment pas les changements. Ainsi, des

<sup>23</sup> L'agriculture de précision est un concept de gestion des parcelles agricoles, fondé sur le constat de l'existence de variabilités intra-parcellaires. Elle requiert l'utilisation de nouvelles technologies telles que l'imagerie satellite, l'informatique et les outils géo-spatiaux.

mesures d'incitation, associées à l'éducation et au renforcement des capacités, sont normalement nécessaires pour les pousser à adopter de nouvelles pratiques agricoles. Les actuelles politiques incitatives, qui promeuvent l'agriculture conventionnelle, l'utilisation exagérée d'engrais chimiques et l'irrigation excessive des cultures ne devraient pas être encouragées.

Les apports d'énergie peuvent aussi être réduits par des politiques de gestion de l'eau qui introduisent des méthodes d'irrigation plus efficaces, telles que l'irrigation de précision, l'irrigation au goutte-à-goutte, le recyclage des eaux usées, et la fertirrigation ou irrigation fertilisante.

Des pratiques de gestion qui évitent l'abus d'engrais peuvent être promues en proposant aux agriculteurs des services de formation sur les méthodes d'application de précision et les dosages recommandés. Les avantages et les inconvénients des politiques d'incitation financière facilitant l'accès aux engrais devraient être attentivement évalués à court terme et à long terme.

L'emploi des machines agricoles s'est élargi dans de nombreux pays à PIB faible et notamment dans les pays asiatiques, où les politiques de formation des prix agricoles ont étendu la diffusion et l'accessibilité économique de ces machines (Ashburner et Kienzle, 2011). Les décideurs doivent donc concevoir des mesures incitatives pour pousser les agriculteurs – qui se sont mécanisés et ont accès aux approvisionnements en carburant – à utiliser les ressources naturelles et énergétiques de manière plus prudente. Les démarches novatrices pouvant être utilisées sont, par exemple:

- le paiement pour les services environnementaux;
- l'utilisation de politiques relatives aux régimes fonciers, qui permettent aux propriétaires de profiter des avantages découlant d'une augmentation de valeur du capital naturel.

Vu que les investissements financiers sont essentiels pour le développement durable, tous les moyens que les gouvernements peuvent trouver pour faciliter l'accès à des crédits avec des frais de transaction minimums, doivent être pris en considération.

La FAO, consciente des défis liés à l'intensification de la production agricole utilisant une démarche écosystémique à l'échelle mondiale, s'est récemment engagée à élaborer la stratégie d'application d'un programme à long terme pour aider les pays dans ce sens (FAO, 2010a). Ce programme est axé sur les quatre domaines clés suivants:

- Le domaine technique: gains d'efficacité; promotion de l'autonomisation des agriculteurs à travers l'éducation; diffusion des connaissances sur les bonnes pratiques agricoles; adoption de méthodes et de technologies pouvant être utilisées pour obtenir des rendements élevés; maintien et renforcement de la durabilité économique.
- Le domaine économique: création d'outils permettant d'estimer la valeur économique des dimensions écologiques.
- Le domaine de la gouvernance: promotion d'une politique et d'un environnement institutionnel porteurs pour garantir la productivité en maintenant ou en améliorant les ressources naturelles.
- Le domaine des investissements: formation de capital (ressources physiques et humaines, dont aussi les connaissances appliquées).

Ces dernières années ont vu croître l'intérêt pour l'acquisition à grande échelle de terres afin de garantir le futur approvisionnement en aliments et de faire des investissements sur, entre autres, la production de biocarburants. Cela a suscité beaucoup d'inquiétudes quant à la sécurité foncière, les moyens d'existence et la sécurité alimentaire des catégories plus vulnérables de la population tributaires de ces ressources. Pour

cette raison, les questions de régime foncier devront être étudiées attentivement surtout en ce qui concerne la production de bioénergie. À cet égard, l'expérience récente sur la voie à suivre pour relever le défi de se départir des politiques foncières «sur papier» a porté à la formulation des recommandations suivantes (De Witt *et al.*, 2009):

- Il faudrait fonder les politiques de développement économique sur un ensemble de «principes plus nobles», tels que l'équité sociale et le partage des ressources naturelles, comme cela a été fait au Burkina Faso et au Mozambique;
- Il est conseillé d'élaborer des mécanismes de partenariat négocié formels et institutionnalisés entre le secteur privé et les populations locales, avec les autorités publiques agissant en qualité «d'arbitre» et de garant de l'application des lois. Fondés sur des «principes plus nobles», ces partenariats sont à préférer aux initiatives gouvernementales de développement rural à grande échelle ayant pour objectif d'attirer des investisseurs en leur offrant de grandes étendues de terrain.
- Il faudrait garantir une bonne participation des parties prenantes pendant tout le processus d'élaboration des politiques – depuis la conception, à la mise en œuvre, à la surveillance – afin d'obtenir des mesures politiques «légales» et «légitimes»<sup>24</sup> qui soient acceptables et applicables par tous les acteurs concernés.
- Il est recommandé, enfin, de lier les réformes institutionnelles aux changements de politiques.

### 6.3 Efficacité énergétique

Au cours des dernières décennies, quelques gouvernements ont mis en œuvre des politiques pour gérer la demande d'énergie et améliorer l'efficacité énergétique des systèmes agro-alimentaires. Ces politiques s'inscrivent généralement dans un plus ample groupe de politiques conçues pour réduire l'utilisation d'énergie du secteur industriel et des transports, ainsi que pour encourager l'adoption de comportements énergétiquement plus efficaces à la maison. Ces politiques comprennent:

- L'introduction de normes en matière d'économie des carburants pour le transport des marchandises et de limites de charge utile;
- Les normes minimales de performance énergétique (NMPE) pour les appareils (les moteurs électriques, les réfrigérateurs, les chaudières à eau, etc.) utilisés dans les systèmes agro-alimentaires;
- L'apposition d'étiquettes-énergie sur les appareils ménagers;
- Des limitations de vitesse pour les véhicules;
- Des réglementations sur le recyclage des emballages;
- Des frais de mise en dépôt plus élevés pour les déchets organiques.

Quelques politiques gouvernementales constituent de bons exemples (voir l'exemple de la Nouvelle Zélande dans l'annexe 3) et peuvent fournir des enseignements à d'autres gouvernements nationaux, régionaux ou locaux.

Pour le moment, les producteurs agricoles sont disposés à adopter des mesures d'économie énergétique uniquement si des bénéfices financiers considérables sont évidents. Les pêcheurs, par exemple, sont particulièrement motivés à réduire leur consommation de carburant qu'en cas de bénéfices financiers importants évidents. Schneider et Smith (2009) ont expliqué que les stratégies qui réalisent les potentialités d'atténuation des émissions de gaz à effet de serre doivent devenir rentables au niveau des exploitations,

<sup>24</sup> La «légalité» de la mesure politique s'applique aux droits fonciers acquis avec l'intervention du gouvernement – à travers une loi spécifique et les procédures ou services administratifs officiels y afférent. D'autre part, la «légitimité» d'un droit légalement acquis est fortement influencée par un ensemble de relations de pouvoir qui seront légitimées par des processus officiels, et soutenues ou rejetées au moyen de pressions exercées par les parties. Les droits coutumiers expliquent la différence entre légalité et légitimité. Ils sont souvent plus faibles du point de vue juridique mais sont plus forts du point de vue légitime car ils reposent sur un consensus social et culturel de longue date.

soit à travers la modification des prix du marché, soit à travers des efforts politiques. Les politiques visant une amélioration de l'efficacité énergétique dans l'exploitation doivent tenir compte des synergies et des interactions avec les politiques traitant de problèmes comme l'utilisation de l'eau, la santé publique et la sécurité alimentaire. De plus, les politiques gouvernementales nationales pourraient stimuler les investissements, comme par exemple l'octroi de microcrédits pour des projets améliorant l'efficacité énergétique dans la filière agro-alimentaire et encourageant la production d'énergie renouvelable:

- sur les terres disponibles, à travers l'utilisation de technologies à énergie solaire, éolienne ou hydraulique;
- dans la production primaire, à travers l'utilisation des résidus des cultures ou des déchets d'origine animale et halieutique, et par la mise en place des cultures énergétiques;
- pendant la transformation des aliments, à travers l'utilisation des sous-produits de la biomasse.

La conception d'un système d'étiquetage pour les emballages alimentaires, qui indique la quantité d'énergie utilisée pour la production, la transformation, le conditionnement et la distribution du produit en question, devrait aider les consommateurs à choisir en tenant compte des implications énergétiques et des gaz à effet de serre émis. C'est là un projet complexe, qui demande l'élaboration de normes internationales pour mesurer la consommation d'énergie avec des procédés normalisés d'Analyse du Cycle de Vie (ACV) en vue d'évaluer toutes les étapes de la filière agro-alimentaire (Zieseimer, 2007).

Un autre moyen de rendre le secteur agro-alimentaire énergétiquement plus intelligent est d'encourager les consommateurs à modifier leurs habitudes alimentaires et les techniques de préparation des aliments. Promouvoir le passage à un régime comportant moins d'aliments d'origine animale a peu de chances de réussir à moins que ces efforts ne soient liés à la réalisation des objectifs nationaux de santé: par exemple, l'établissement de mesures d'incitation financière ou d'impôts pour pousser les personnes à réduire leur apport de graisses animales pourrait faire partie des actions nationales visant à éliminer les maladies cardiaques et l'obésité. Changer les modes d'alimentation traditionnels impose d'organiser des campagnes de sensibilisation du public puissantes et sur grande ampleur. La tâche n'est pas aisée. Il ne faut toutefois pas oublier que dans de nombreux pays, des campagnes analogues ont été menées avec succès sur d'autres questions de santé, comme la dépendance à la nicotine et l'ivresse au volant.

Limiter les pertes alimentaires permet d'atteindre les objectifs de réduction des émissions mondiales de GES dans la mesure où cela réduit aussi la nécessité de mettre les déchets en décharge. La directive européenne concernant la mise en décharge, qui décrit les obligations en matière de réduction des déchets organiques à mettre en décharge, est un bon exemple de mesure pour éviter les gaspillages alimentaires. À cet égard, le Royaume-Uni a mis en place de nombreuses initiatives, telles que:

- Le plan d'action sur les déchets (*Waste Implementation Programme*), qui a été lancé en 2002 par le Département pour l'environnement, l'alimentation et les questions rurales (DEFRA) en fixant un objectif de réduction pour 2020 de 35 pourcents de déchets alimentaires par rapport au niveau de 1995.
- La guerre au gaspillage (*War on food waste*), annoncée en 2008 à la suite de la crise mondiale des prix des aliments. Lancée en juin 2009, l'initiative encourage les supermarchés et les hypermarchés, les restaurants, les écoles, les organismes du secteur public et les ménages à limiter la quantité d'aliments jetés. Elle propose d'éliminer la «date de consommation recommandée» des étiquettes alimentaires pour éviter que les consommateurs la confonde avec la «date limite de consommation»; elle essaye de dissuader les supermarchés de faire des promotions sur la quantité (par ex. trois produits pour le prix de deux, etc.); et elle suggère de commercialiser les denrées alimentaires dans des emballages plus petits.
- La construction, actuellement en cours, de nombreuses unités de méthanisation communautaires pour produire du biogaz à partir des déchets alimentaire.
- Le plan d'action sur l'utilisation de l'eau et des ressources (*Water and Resources Action Programme*, plus

connu sous son acronyme WRAP<sup>25</sup>) qui a été établi en 2000 pour aider les entreprises et les personnes à utiliser les ressources d'une manière plus efficace, à développer des produits plus durables, et à réduire les gaspillages dont aussi les gaspillages alimentaires. La campagne de sensibilisation publique «Love Food, Hate Waste»<sup>26</sup> (Aimer les aliments, Haïr les gaspillages), lancée en 2007, avait pour but d'encourager l'utilisation des restes des repas en créant des recettes spéciales, la préparation de repas moins abondants, et la planification préalable des repas et des courses. Il a été affirmé que 2 à 3 pour cent de pertes alimentaires, soit 300 millions d'UKL environ, ont été évitées après deux ans de campagne.

À travers sa plateforme pour les politiques intégrées, la Commission européenne a indiqué que la filière agro-alimentaire était responsable de 20 à 30 pour cent des impacts sur l'environnement résultant au changement climatique, à la pollution par l'ozone, à l'acidification et à l'eutrophisation (CCR, 2006). Après avoir analysé les tendances de la consommation au niveau européen et utilisé différentes ACV, le rapport a conclu que dans les pays de l'UE27 les plus grands impacts environnementaux sont provoqués par la production de viande et de lait, ainsi que par la consommation d'électricité des bâtiments et la circulation des véhicules légers. Il a également souligné que ces impacts pourraient se réduire de 20 pour cent si la production agricole était améliorée, le gaspillage alimentaire des ménages était évité, et l'électricité était économisée grâce à des actions de conservation et d'amélioration de l'efficacité (CCR, 2008). Enfin, le rapport a recommandé de modifier les régimes alimentaires pour limiter la consommation de viande rouge, mais on s'est rendu compte que les aliments et la nutrition étant fortement enracinés dans les traditions et les habitudes, toute mesure politique qui vise à stimuler le passage à des régimes plus sains doit inclure une combinaison de différents instruments, depuis la sensibilisation du consommateur aux activités de passation de marchés (CCR, 2009).

De plus en plus de personnes s'accordent à dire que le risque d'un « effet rebond » lié aux interventions d'efficacité énergétique peut être réduit si les instruments des politiques sur l'efficacité énergétique, comme les normes et les réglementations, sont associés à d'autres instruments, comme les taxes carbone qui augmentent le prix des produits énergétiques, ou le plafonnement des émissions de GES qui limite la consommation d'énergie (Passey, et MacGill, 2009).

## 6.4 Énergies renouvelables

Les politiques relatives aux énergies renouvelables se concentrent sur l'offre d'énergie concernant les systèmes agro-alimentaires, en appuyant essentiellement des projets d'aménagement au niveau des exploitations et dans les usines de transformation des aliments. À titre d'exemple, le Plan d'action de l'Union européenne sur la biomasse affirme que l'absence de politiques ou les mauvaises politiques constituent un obstacle sérieux au développement des sources d'énergie renouvelables car il a été prouvé de manière convaincante que, lorsque les politiques appropriées sont mises en œuvre, le marché réagit positivement et développe les structures ou les systèmes de fonctionnement nécessaires pour atteindre des résultats (Commission européenne, 2005). Les politiques d'appui à l'élaboration de projets sur les énergies renouvelables sont nombreuses et ont été adoptées un peu partout dans le monde (REN 21, 2011). Elles comprennent les éléments suivants:

- la promotion des marchés de l'énergie renouvelable;
- des mesures d'incitation financières;
- des normes, autorisations et réglementations pour le secteur du bâtiment;
- le renforcement des capacités, la recherche, l'éducation et la communication;
- la participation des parties prenantes. (Sawin, 2006, GIEC, 2011e)

25 [www.wrap.org.uk](http://www.wrap.org.uk)

26 [www.lovefoodhatewaste.com/save\\_time\\_and\\_money](http://www.lovefoodhatewaste.com/save_time_and_money)

Ainsi, en 2002, la Thaïlande a adopté des règlements pour simplifier les exigences de connexion au réseau des petits générateurs électriques de puissance jusqu'à 1 MW (Banque mondiale, 2011). Ce règlement, ainsi que d'autres mesures, ont porté au développement de bio-raffineries intégrées produisant des aliments, de l'éthanol, de la chaleur et de l'électricité à partir de la canne à sucre et du riz. De plus, les résidus organiques sont réintégrés au sol, augmentant ainsi sa fertilité. En 2008, 73 projets sur les biomasses utilisant différents types de résidus, dont la bagasse et les balles de riz, ont été mis en œuvre avec une puissance brute de 1 689 MW. (GIEC, 2011e).

#### Encadré 4. Politiques sur les biocarburants et les énergies renouvelables au Royaume-Uni

- Le Département britannique pour l'énergie et les changements climatiques (DECC) a reconnu que la nécessité de maintenir ou d'augmenter la production alimentaire est entravée par l'objectif de réduire les émissions de GES du secteur agricole. La génération d'énergie renouvelable à partir des ressources de la terre représente une solution qui, avec l'introduction en avril 2010 de systèmes de tarifs de rachat, a poussé de nombreux agriculteurs à adopter des modèles à énergie renouvelable avec 10 pour cent de retour potentiel sur investissement, alors que les prix des matières premières chutaient brusquement (SER, 2011).
- Dans le cas des stratégies sur les biocarburants, il a été constaté qu'elles doivent être scrupuleusement élaborées pour éviter une nette augmentation de l'ensemble des émissions de GES (DECC, 2010). Les politiques d'appui aux biocarburants liquides, comme l'exonération du droit d'accise, l'appui financier à la production et à la transformation, l'imposition des niveaux de mélange de l'essence ou du diesel, ou l'obligation d'utiliser les carburants tirés de sources renouvelables dans le secteur des transports (comme pour le Royaume-Uni), doivent à tout prix éviter d'entrer en concurrence avec la production alimentaire pour l'utilisation des terres. Ces stratégies devraient également éviter d'encourager l'utilisation de biocarburants produits à partir de sources non durables lorsque leur substitution par l'essence ou le diesel peut carrément augmenter les émissions de GES à cause du changement d'affectation des terres lié à la production de cultures énergétiques. Par ailleurs, on a aussi reproché aux mandats en matière de biocarburants de provoquer l'insécurité alimentaire au niveau mondial (Pimentel et al., 2009). La protection des stocks de biomasse aérienne et souterraine, ainsi que la dégradation des sols sont désormais inclus dans la législation du Royaume-Uni sur les biocarburants (GoS, 2011).

Une stratégie énergétique mondiale coordonnée doit être adoptée de concert avec des politiques nationales solides et stables, afin d'abaisser les coûts des technologies à énergies renouvelables, y compris les systèmes hors réseau, à utiliser par le segment le plus pauvre de la population rurale (Assemblée Générale de l'ONU, 2011). De récentes études (Banque Mondiale, 2011a; GIEC, 2011e; REN21, 2011; AIE 2008) ont montré qu'il existe de nombreux exemples de politiques sur les énergies renouvelables dans les pays à PIB faible et à PIB élevé. On peut en tirer des enseignements importants:

- *Une approche flexible est indispensable et doit être conçue sur mesure pour répondre à des situations spécifiques.* Quelques éléments stratégiques se sont avérés plus efficaces que d'autres à augmenter la mise en place de projets sur les énergies renouvelables, comme par exemple, les systèmes de tarifs d'achat pour l'énergie solaire PV (REN21, 2011). Toutefois, il n'existe aucune recommandation universelle en matière de politiques. Disposer d'une gamme d'objectifs stratégiques et de méthodes de mise en œuvre assez flexibles pour s'adapter à l'évolution des technologies, des marchés et d'autres facteurs, permettra de surmonter les obstacles à la mise en place des énergies renouvelables (GIEC, 2011e).
- *La programmation des politiques est cruciale.* Les cadres juridique et normatif relatifs à l'utilisation des terres et des autres ressources, la connexion et l'intégration aux réseaux électriques, et l'attribution des autorisations et des droits, devront être établis avant de mettre en œuvre des politiques sur les énergies renouvelables. La procédure d'attribution des autorisations de développement de nouveaux projets devra être rapide et ne pas créer d'engorgements.
- *Le passage à un secteur énergétique utilisant des combustibles et des technologies sobres en carbone dans les prochaines décennies, devra inévitablement passer par une minimisation des coûts sur toute la période, et non seulement à moyen terme.* Malgré sa complexité, tous les coûts et bénéfices sociaux ou environnementaux devront être calculés pour indiquer clairement et exploiter au mieux les avantages d'utiliser les énergies renouvelables.

- *Les politiques qui réussissent à amplifier l'utilisation des énergies renouvelables ne sont pas forcément efficaces du point de vue économique. Quelques politiques devront inclure des subventions pour les biocarburants et des tarifs de rachat plus chers<sup>27</sup>.*

Une fraction importante des investissements privés et publics dans les projets sur les énergies renouvelables arrivent jusqu'aux régions rurales. C'est pourquoi, des politiques efficaces en matière d'énergies renouvelables peuvent contribuer au développement durable des populations rurales. La construction et l'exploitation de projets sur les énergies renouvelables procurent surtout des avantages pour le propriétaire foncier ou l'entreprise de transformation alimentaire. Toutefois, les projets relatifs aux énergies renouvelables, et notamment les projets plus vastes, bénéficient à la communauté en injectant plus de recettes dans l'économie locale. Une partie de ces nouvelles recettes peut être utilisée pour améliorer les services publics et attirer de nouvelles entreprises. Le projet initial peut créer des nouveaux emplois, mais la génération d'opportunités d'emploi à long terme est également possible avec la constitution d'entreprises locales chargées d'optimiser les technologies à énergie renouvelable, de fabriquer les composants et de fournir des services liés à l'énergie. Ces activités, mieux rémunérées, favorisent le développement des capacités locales et permettent aux communautés rurales d'attirer des travailleurs spécialisés. Dans le cas des communautés rurales isolées, elles facilitent l'accès aux énergies renouvelables produites sur place lorsque réaliser les infrastructures et importer l'énergie est trop coûteux.

## 6.5 Accès à l'énergie

Normalement, il incombe aux gouvernements nationaux et régionaux de garantir l'accès à l'énergie des communautés les plus démunies (voir chap. 3.3). La libéralisation du marché, adoptée par de nombreux pays à PIB élevé, ne constitue généralement pas la solution idéale pour faciliter l'accès aux services énergétiques des régions rurales dans les pays à PIB faible (GIEC, 2011e). De nombreuses initiatives, comme l'étude multi-partenaires *Poor People's Energy Outlook* (Les perspectives énergétiques des populations démunies) (Practical Action 2012), ont été lancées pour avoir une référence et des moyens concrets pour mesurer l'accès énergétique dans les régions les plus pauvres. Les objectifs du Millénaire pour le développement ne font aucune référence à des objectifs spécifiques en matière d'accès à l'énergie et ne prennent pas en compte les énergies renouvelables. Par conséquent l'énergie, n'a pas été l'une des principales priorités lors des débats nationaux et internationaux en matière de politiques, même si les organismes multilatéraux et bilatéraux, les gouvernements, les universitaires et la société civile reconnaissent tous qu'avoir accès à des approvisionnements énergétiques sûrs est indispensable pour le développement durable (GIEC, 2011b). Pour traiter ce problème, l'Assemblée Générale de l'Organisation des Nations Unies a proclamé l'année 2012 *Année internationale de l'énergie durable pour tous* (Assemblée générale de l'ONU, 2011). Cette initiative servira de plateforme pour sensibiliser le grand public à l'importance du rôle de l'énergie dans le développement durable. Un des principaux objectifs de l'initiative est de formuler une stratégie énergétique mondiale coordonnée et cohérente, ainsi que des politiques nationales stables pour réduire les coûts des technologies à énergies renouvelables et favoriser l'accès à l'énergie dans les communautés rurales plus démunies.

Souvent, les cadres législatifs et les politiques nationales sur l'énergie existants dans les pays en développement ne sont pas adaptés aux besoins énergétiques ou aux capacités des communautés plus démunies. C'est pourquoi les questions relatives à l'accès à l'énergie – l'énergie est-elle financièrement abordable? La technologie peut-elle être adaptée? – devront être obligatoirement examinées au moment

<sup>27</sup> Les tarifs de rachat garantissent aux propriétaires du projet d'être payés pour la quantité totale d'électricité renouvelable produite lorsqu'ils la vendent au réseau national.

d'élaborer les nouvelles politiques. Du point de vue social, les bénéfices connexes, comme une sécurité accrue des approvisionnements en eau, des paysages plus sains, ou une plus grande biodiversité, doivent aussi être pris en compte lors des décisions politiques. Le secteur privé sera probablement appelé à soutenir activement les projets relatifs à l'énergie qui promeuvent le développement rural. Or, vu que les investisseurs privés veulent rentabiliser leur investissement, ils doivent être poussés à investir dans des activités commerciales fournissant des services énergétiques aux communautés avec très peu de moyens pour les payer. Les subventions gouvernementales ou autres incitations financières, comme par exemple des contrats à long terme pour les producteurs d'énergies renouvelables, fondés sur les coûts de production de chaque technologie, devront être clairement définies. L'appui du secteur public doit aussi faciliter le transfert des technologies appropriées, ainsi que la recherche et le développement de technologies utilisant l'énergie au niveau local (Practical Action, 2009). Les politiques concernant les tarifs et les risques devront être clairement tracées.

## 6.6 Lacunes de connaissances

De plus amples recherches sont nécessaires pour comprendre comment effectuer au mieux le passage à des systèmes agro-alimentaires moins dépendants des combustibles fossiles. de nombreuses questions se posent à propos de ce qu'un tel passage pourrait signifier pour la sécurité alimentaire, la résilience vis-à-vis du changement climatique, les moyens d'existence et le renforcement des capacités. il faudra des données plus détaillées dans un grand nombre de domaines pour affiner l'analyse et élaborer des politiques et des programmes efficaces. quelques-uns des domaines dans lesquels nos connaissances présentent des lacunes importantes sont présentés ci-dessous.

- La disponibilité de données sur la consommation d'énergie est rare dans le cas des systèmes halieutiques et agricoles à petite échelle. Ce manque d'informations peut amener à une mauvaise interprétation de situations existantes et une définition erronée des mesures de politiques.
- Les données sur la consommation d'énergie et les facteurs d'émission relatifs de toute la filière agro-alimentaire sont limitées, notamment pour les pays à PIB faible.
- Des méthodes convenues concernant r les collectes et les analyses plus exactes des données sur la consommation d'énergie ou les émissions de GES des systèmes piscicoles et de pêche commerciale à petite échelle, ainsi que des filières post-récolte et d'approvisionnement apparentées, devraient être utilisées pour réduire l'incertitude des données. En particulier, des critères normalisés pour mesurer les émissions de GES dans la filière agro-alimentaire sont nécessaires pour permettre aux organismes de contrôle et aux parties prenantes de contrôler que les efforts fournis pour atteindre les objectifs de réduction des émissions reçoivent un appui adéquat. En effet, différents groupes d'hypothèses mènent à des différences importantes entre les résultats des ACV, ainsi qu'à des conclusions contradictoires.
- Les connaissances sur la nature précise et l'importance des conséquences possibles du changement climatique pour la production alimentaire et la base de ressources des énergies renouvelables sont encore limitées; et les impacts possibles sur des régions spécifiques sont incertains.
- Les synergies entre financement public et privé pour obtenir les investissements nécessaires à relever les défis liés à la sécurité alimentaire et des changements climatiques s'y rapportant (FAO, 2010b) sont mal évalués.
- Les implications des pertes alimentaires le long de la filière agro-alimentaire (voir chap. 3.4) doivent être mieux quantifiées. La grande incertitude qui pèse sur ces données a entravé le déploiement de politiques et d'investissements pour réduire les pertes et les gaspillages alimentaires.
- Les sources de biomasse à partir de sous-produits de la production alimentaire et de la transformation (voir chap. 4.1) peuvent être utilisées comme ressource énergétique. Mais la compétition pour ces ressources est forte. Les méthodes pour analyser la «meilleure utilisation possible» de la biomasse doivent être très claires et suivre une approche holistique.



- Les systèmes agricoles intégrés, dont les SIAE (voir chap. 4.3), offrent des bienfaits potentiels plus à long terme, tels que l'utilisation plus efficace de l'eau, le maintien de la qualité des sols et la diminution de la demande d'énergie. Dans quelques situations, par contre, les mesures d'amélioration de l'efficacité énergétique peuvent faire baisser la productivité; ce phénomène est transitoire et, à plus long terme, la productivité finira par remonter et se stabiliser. Il est indispensable de faire d'autres analyses, ainsi que des démonstrations de pratiques agricoles et de projets SIAE existants pour pouvoir formuler des recommandations stratégiques optimales.
- La durée nécessaire au développement de nouveaux systèmes agro-alimentaires énergétiquement intelligents, plus compétitifs que les systèmes conventionnels du point de vue de la productivité, des coûts et de l'intensité énergétique, est souvent sous-estimée. L'analyse des délais de création de nouvelles voies pour la mise en place de ces systèmes, l'établissement de filets de sécurité appropriés, et l'adoption de mesures réelles de transition permettraient aux décideurs, aux institutions, aux investisseurs et à d'autres parties prenantes de mieux comprendre comment s'y prendre.

Pour combler ces lacunes, il est indispensable de faire plus d'investissements en recherche-développement dans l'énergie et la filière agro-alimentaire, plus particulièrement dans les pays à PIB faible. Les investissements privés en recherche et développement dans la filière agro-alimentaire, orientés principalement vers les systèmes à grande échelle, ont été déterminés par la nécessité de répondre à la globalisation des marchés de produits alimentaires et par le désir de maximiser les profits (FAO, 2011a). Les systèmes à petite échelle des pays en développement ont été ignorés.

Un environnement politique efficace pour appuyer la transition du secteur alimentaire mondial vers un système moins tributaire des combustibles fossiles et plus dépendant des énergies renouvelables se fait de plus en plus ressentir. Il existe de nombreux bons exemples de politiques ou de mesures efficaces et rentables qui sont intelligentes sur le plan énergétique et climatique, et qui peuvent être reproduites ou mises en œuvre dès maintenant à une échelle plus vaste. Les décideurs doivent aussi prendre en considération des politiques qui garantissent que les avantages d'être énergétiquement intelligent augmenteront de manière équitable pour tous les membres de la communauté locale. Dans ce cas, il faudrait:

- combler des lacunes importantes des connaissances;
- investir en matière de transfert des technologies et d'adaptation;
- investir en recherche appliquée et développement;
- faciliter l'accès à des technologies énergétiquement intelligentes;
- établir des mécanismes d'appui budgétaire;
- renforcer les capacités;
- offrir des services de vulgarisation;
- organiser des activités d'apprentissage et de formation.

Les initiatives ciblant les consommateurs, comme apposer des étiquettes sur les emballages alimentaires indiquant la quantité d'énergie utilisée pour produire, transformer, distribuer et emballer le produit en question; organiser des campagnes pour l'adoption de régimes alimentaires plus sains comportant moins de produits d'origine animale; et sensibiliser le public aux moyens d'éviter les pertes et les gaspillages alimentaires, peuvent aussi contribuer à réduire ou optimiser la demande d'énergie du secteur agro-alimentaire. Par contre, convaincre les consommateurs à devenir énergétiquement plus intelligents sera difficile et prendra du temps.

Un environnement politique porteur sans l'allocation appropriée de ressources humaines et financières a peu de chances de parvenir à mettre en place des systèmes agro-alimentaires énergétiquement intelligents.

## 7. Conclusions et recommandations

**A**border le lien aliments-énergie-climat représente un défi important et complexe qui justifie des efforts considérables et soutenus à tous les niveaux de la gouvernance: international, national et local.

Le présent document a essayé de replacer dans son contexte la relation entre aliments et énergie dans les pays à PIB faible et à PIB élevé. Comme évoqué précédemment, pour faire face aux demandes alimentaires croissantes, le monde doit produire 70 pour cent en plus de vivres d'ici 2050. Atteindre cet objectif n'est déjà pas facile à réaliser même si les prix, la disponibilité et les coûts des combustibles fossiles étaient stables, et que les émissions de GES pouvaient être évitées. Mais les réserves de combustibles fossiles sont incertaines et leurs coûts devraient monter. De plus, toute utilisation accrue de combustibles fossiles qui augmente la production, se traduit aussi par une augmentation des émissions de GES que la communauté internationale s'est engagée à réduire. Il y a lieu de craindre que l'actuelle dépendance du secteur agro-alimentaire vis-à-vis des combustibles fossiles limitera son aptitude à satisfaire les besoins alimentaires mondiaux. Pour cela, la communauté internationale a été forcée de reconsidérer les méthodes de production, d'acheminement et de consommation des denrées alimentaires. Le défi consiste à découpler le prix des denrées alimentaires du prix fluctuant de l'énergie.

Comme indiqué auparavant, le secteur agro-alimentaire représente environ 30 pour cent de la demande totale d'énergie au niveau du consommateur et produit plus de 20 pour cent des émissions totales de GES. Un tiers environ des aliments produits, et de l'énergie liée à leur production, est perdu ou gaspillé. Il est évident que continuer à vivre comme nous le faisons n'est plus possible.

Les décideurs doivent adopter une vision à long terme pour qu'intervienne l'indispensable transition vers des systèmes agro-alimentaires intelligents sur le plan climatique et énergétique. Le fait que cette transition ne pourra pas se faire du jour au lendemain ne veut pas dire que nous puissions attendre. La question n'est pas de savoir «quand et où devons-nous commencer à effectuer la transition vers des systèmes énergétiquement intelligents», mais de savoir «comment pouvons-nous commencer à faire des progrès graduels mais constants dans ce sens».

Lorsque l'engagement de progresser vers l'établissement de systèmes agro-alimentaires énergétiquement intelligents aura été pris, il faudra répondre à d'autres questions:

- Quelle est l'importance de la demande d'énergie pour le futur des approvisionnements agro-alimentaires?
- Dans quel domaine peut-on améliorer l'utilisation de l'énergie?
- Dans quelle mesure les énergies renouvelables peuvent-elles remplacer les combustibles fossiles?
- Quelles lacunes des connaissances doit-on combler?
- Quels mécanismes politiques et institutionnels doivent être établis pour assurer la mise en œuvre large et durable des systèmes énergétiquement intelligents?
- Quand faut-il entreprendre des actions dans ce sens?

### 7.1 Quels rôles pour l'efficacité énergétique et les énergies renouvelables?

Comme indiqué plus haut dans le rapport, le concept de système agro-alimentaire énergétiquement intelligent suppose de fournir de l'énergie durable au secteur agro-alimentaire et de produire de l'énergie durable à partir de ce secteur. Il existe trois moyens principaux de rendre les systèmes agro-alimentaires

énergétiquement intelligents:

- en augmentant l'efficacité de l'utilisation directe et indirecte d'énergie de sorte que l'intensité énergétique décroît (MJ/kg d'aliments produits);
- en utilisant plus d'énergie renouvelable pour remplacer les combustibles fossiles sans réduire la productivité alimentaire;
- en améliorant l'accès aux services énergétiques modernes.

L'énergie produite en faisant recours aux ressources en énergie renouvelable peut être directement utilisée dans les exploitations agricoles, dans les activités piscicoles et dans les usines de transformation, ou bien elle peut être vendue hors site pour obtenir des revenus supplémentaires. Une bonne partie des énergies renouvelables provient de sources d'énergie locales. Les installations de production d'énergie utilisant l'énergie solaire, éolienne et hydraulique peuvent être construites sur les terres rurales avec des impacts négligeables pour l'agriculture. Les résidus de la biomasse résultant de la production primaire et de la transformation des aliments, peuvent aussi être utilisés pour générer de l'énergie. La sensibilisation du public, le renforcement des capacités et l'appui technique sur le terrain sont essentiels pour la bonne réussite des projets sur les énergies renouvelables.

## 7.2 Voies d'avenir vers des systèmes agro-alimentaires énergétiquement intelligents

Plusieurs voies peuvent être suivies pour augmenter la productivité de la production primaire à petite et à grande échelle. Toutes ces voies ont besoin d'énergie.

Les investissements pour l'amélioration de l'efficacité énergétique et la mise en place de projets sur les énergies renouvelables sont de plus en plus nombreux dans tout le secteur agro-alimentaire, depuis la production primaire, au transport, à la transformation alimentaire. Le Fonds pour l'environnement mondial (FEM) a investi dans un projet visant à mettre sur pied des initiatives de démonstration, à renforcer les cadres politique et institutionnel, et à créer une réserve de projet pour le secteur agro-alimentaire en Ukraine (GEF, 2011). Cette démarche pourrait être imitée par les gouvernements des pays à PIB faible ainsi que des pays à PIB élevé.

La combinaison de systèmes à énergies renouvelables à petite échelle et d'une meilleure utilisation de la biomasse traditionnelle peut favoriser la disponibilité d'énergie fiable et financièrement abordable pour de nombreuses communautés rurales, forestières et de pêche sans services énergétiques de base dans les pays à PIB faible. À court terme, les combustibles fossiles devront également être utilisés pour lutter contre la pauvreté énergétique des zones rurales. Il serait toutefois préférable, où cela est possible, de passer directement aux systèmes à énergies renouvelables pour éviter d'investir dans des technologies qui asservissent les utilisateurs aux combustibles fossiles dans un avenir prévisible. Pour cela, les possibles bénéfices connexes procurés par les énergies renouvelables concernant les moyens d'existence, l'emploi, la santé publique, et le développement rural devraient être pris en compte.

## 7.3 Recommandations sur la voie à suivre en matière de politiques

De nombreuses politiques peuvent être utilisées à différents niveaux afin de garantir que le secteur agro-alimentaire soit adapté aux contraintes énergétiques futures, ainsi qu'aux impacts du changement climatique. Le déploiement rapide de technologies énergétiquement efficaces qui utilisent des énergies renouvelables

aura besoin de mesures réglementaires, d'incitations financières et de microcrédits pour faire face à l'investissement initial de certaines technologies.

Le déploiement de systèmes énergétiques durables à travers le secteur agro-alimentaire mondial, est une entreprise considérable qui doit suivre une démarche articulée autour de nombreuses initiatives interconnectées lancées au niveau international. Son urgence, sa portée et sa complexité impliquent de faire participer un ensemble plus vaste de parties intéressées. Une action internationale sera fondamentale pour mettre en œuvre des solutions de manière cohérente et rentable. Pour évoluer vers des systèmes énergétiquement intelligents, ce rapport propose de mettre en place le programme multi-partenaires «Aliments énergétiquement intelligents pour les gens et le climat» fondé sur les trois piliers suivants:

- assurer à tous un accès à l'énergie, en donnant la priorité aux communautés rurales;
- améliorer l'efficacité énergétique à toutes les étapes de la filière agro-alimentaire;
- remplacer les combustibles fossiles par des systèmes à énergies renouvelables dans le secteur agro-alimentaire.

Dans le sillage de ce programme, les gouvernements nationaux et locaux devraient étudier des politiques et des mesures qui appuient le développement rural, associent sécurité alimentaire et sécurité énergétique, et contribuent à la réalisation de leurs objectifs de développement durable ainsi qu'à l'atténuation des émissions de GES. Le transfert de technologies et le développement de stratégies d'adaptation aux changements climatiques sont inclus dans l'ensemble des interventions du programme.

Les recommandations émanant de ce premier rapport sont les suivantes:

- Établir des partenariats publics-privés pour promouvoir l'adoption de démarches énergétiquement intelligentes dans le domaine de la production et de la commercialisation des aliments, ainsi que pour réduire la dépendance du secteur vis-à-vis des combustibles fossiles.
- Encourager la coopération internationale pour les initiatives d'agriculture intelligente sur le plan climatique, ainsi que pour l'établissement de mesures d'atténuation des GES dans le secteur agro-alimentaire;
- Coordonner la formulation de politiques agro-alimentaires énergétiquement intelligentes avec les ministères responsables de l'alimentation, de l'agriculture, de l'énergie, de la santé publique, du transport, du développement économique et de l'environnement.
- Promouvoir un dialogue multi-acteurs sur les choix de production et de consommation d'énergie ainsi que sur les politiques et les arrangements institutionnels nécessaires pour atteindre les résultats voulus.

# Bibliographie

- AIE, 2007. *Renewable energy heating and cooling*, Agence internationale de l'énergie AIE/OCDE, Paris, 209 pages. [http://www.iea.org/publications/free\\_new\\_Desc.asp?PUBS\\_ID=1975](http://www.iea.org/publications/free_new_Desc.asp?PUBS_ID=1975)
- AIE, 2008. *Deploying renewable – principles for effective policies* Agence internationale de l'énergie AIE/OCDE, Paris, 250 pages. [http://www.iea.org/publications/free\\_new\\_Desc.asp?PUBS\\_ID=2046](http://www.iea.org/publications/free_new_Desc.asp?PUBS_ID=2046)
- AIE, 2009. *Cities, towns and renewable energy – YIMFY – Yes In My Front Yard*, Agence internationale de l'énergie AIE/OCDE, Paris. 194 pages.
- AIE, 2010. *World Energy Outlook 2010*, Agence internationale de l'énergie, AIE/OCDE, Paris. [http://www.worldenergyoutlook.org/docs/weo2010/WEO2010\\_es\\_french.pdf](http://www.worldenergyoutlook.org/docs/weo2010/WEO2010_es_french.pdf)
- Arizpe N, Giampietro M et Ramos-Martin J, 2011. *Food security and fossil energy dependence: an international comparison of the use of fossil energy in agriculture (1991-2003)*, Critical Reviews in Plant Sciences, 30, 45-63. DOI: 10.1080/07352689.2011.554352
- Ashburner J E et Kienzle J, 2011. *Investment in agricultural mechanization in Africa*, Conclusions et recommandations d'une table ronde lors d'une réunion d'experts, Arusha, Tanzanie. Juin 2009. Document technique sur les technologies d'ingénierie agricole et alimentaire 8, Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, Rome. ISBN 978-92-5-1068208-5
- Assemblée générale de l'ONU, 2011. *Promotion de sources nouvelles et renouvelables d'énergie*, Rapport du Secrétaire général, 22 août. [http://www.un.org/ga/search/view\\_doc.asp?symbol=A/66/306&referer=/english/&Lang=F](http://www.un.org/ga/search/view_doc.asp?symbol=A/66/306&referer=/english/&Lang=F)
- Azar C, 2011. *Biomass for energy – a dream come true or a nightmare?* WIREs Climate Change, DOI 10.1002/wcc.109, John Wiley and Sons Ltd. [www.wires.wiley.com/climatechange](http://www.wires.wiley.com/climatechange)
- Bailey A P, Basford W D, Penlington N, Parka J R, Keatinge J D H, Rehman T, Tranter R B et Yates C M, 2003. *A comparison of energy use in conventional and integrated arable farming systems in U.K. agriculture*, Ecosystems and Environment 97(1-3), 241-253.
- Baker C J, Saxton C E, Ritchie W R, Chamen W C T, et Reicosky D C, 2006. *No tillage seeding in conservation agriculture*, CABI publishers, 352 pages. <http://bookshop.cabi.org/?site=191&page=2633&pid=1970>
- Barber, A., 2004. Seven case study farms: total energy and carbon indicators for New Zealand arable and vegetable production. Agrilink New Zealand Limited, Auckland.
- Balmer M, 2007. *Energy poverty and cooking energy requirements: the forgotten issue in South African energy policy?* Journal of Energy in South Africa, 18(3), 1-9, Afrique du Sud. <http://www.erc.uct.ac.za/jesa/volume18/18-3jesa-balmer.pdf>
- Banque mondiale 2008, RE Toolkit. *A resource for renewable energy development, best practices and lessons learnt, technical and economic assessment of off-grid, mini-grid and grid electrification*

*technologies*: ESMAP Technical Paper 121/07. Washington DC. <http://go.worldbank.org/IC3FU805H0>

- Banque mondiale, 2009. *The sunken billions – the economic justification for fisheries reform*, Banque internationale pour la reconstruction et le développement / Banque mondiale, Washington, et Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, Rome. 104 pages. ISBN: 978-0-8213-7790-1.
- Banque mondiale, 2011a. *Design and performance of policy instruments to promote the development of renewable energy: emerging experience in selected developing countries*, Energy and Mining Sector Board, Banque mondiale, Washington DC, 60 pages. [http://www-wds.worldbank.org/servlet/main?menuPK=64187510&pagePK=64193027&piPK=64187937&theSitePK=523679&entityID=000386194\\_20110718032908](http://www-wds.worldbank.org/servlet/main?menuPK=64187510&pagePK=64193027&piPK=64187937&theSitePK=523679&entityID=000386194_20110718032908)
- Banque mondiale, 2011b. *Household Cookstoves, Environment, Health, and Climate Change* <http://cleancookstoves.org/wp-content/uploads/2011/05/Household-Cookstoves.pdf>
- Barber A et Pellow G, 2009. *Energy use and efficiency measures for the New Zealand dairy farm industry*, Energy Efficiency and Conservation Authority, <http://www.eecabusiness.govt.nz/sites/all/files/guidelines-on-energy-use-and-efficiency-for-dairy-farming-industry.pdf>
- Bardi U, 2004. *Solar power agriculture: a new paradigm for energy production*, Proc. “2004 New and Renewable Energy Technology Developments for Sustainable Development” conference, Evora, Portugal Juin. <http://www.spiritviewranch.com/pdf/Christoph/archive/Solar%20Power%20Agriculture.pdf>
- Barker T and Dagoumas A, 2009. *The global macroeconomic rebound effect of energy efficiency policies: an analysis 2012-2030 using E3MG*, Mai 2009. [http://www.cambridgeenergy.com/archive/2009-05-14/Barker%20&%20Dagoumas\\_Rebound\\_14052009V3.pdf](http://www.cambridgeenergy.com/archive/2009-05-14/Barker%20&%20Dagoumas_Rebound_14052009V3.pdf)
- Bernatz G, 2010. *Apples, bananas and oranges; using GIS to determine distance travelled, energy use and emissions from imported fruit*, St Mary's University of Minnesota, Winona, États-Unis. 15 pages. [www.gis.smumn.edu/GradProjects/BernatzG.pdf](http://www.gis.smumn.edu/GradProjects/BernatzG.pdf)
- Biggs S and Justice S, 2011. *Rural development and energy policy; lessons for agricultural mechanization in South Asia*. Occasional paper #19, Observer Research Foundation, New Delhi, Inde. [www.observerindia.com/cms/export/orfonline/modules/occasionalpaper/attachments/occ\\_rural\\_1296292421217.pdf](http://www.observerindia.com/cms/export/orfonline/modules/occasionalpaper/attachments/occ_rural_1296292421217.pdf)
- Bogdanski A, Dubois O, Jamieson C et Krell R, 2010a. *Making integrated food/energy systems work for people and climate – an overview*. Document de travail sur la gestion de l'environnement et des ressources naturelles 45, Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, Rome. <http://www.fao.org/docrep/013/i2044e/i2044e00.htm>
- Bogdanski A, Dubois O et Chuluunbaatar D, 2010b. *Integrated food energy systems –project assessment in China and Vietnam 11-29 octobre*. Division du climat, de l'énergie et des régimes fonciers, Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, Rome

- Bomford M, 2011. *Beyond food miles*, Post Carbon Institute, <http://www.postcarbon.org/article/273686-beyond-food-miles>
- Bruisma J, 2009. *The resource book to 2050: by how much do land, water and crop yields need to increase by 2050?* Consultation d'experts de la FAO "Comment nourrir le monde en 2050", Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, Rome. [www.fao.org/docrep/012/ak542e/ak542e00.htm](http://www.fao.org/docrep/012/ak542e/ak542e00.htm)
- CAE, 1996. *Energy efficiency – a guide to current and emerging technologies*, Vol. 2, Industry and Primary Production, Centre for Advanced Engineering, University of Canterbury, Christchurch, Nouvelle Zélande.
- Canning P, Charles A, Huang S, Polenske K. et Waters A. 2010. *Energy use in the U.S. food system*, USDA Economic Research Service, Washington, DC. <http://www.ers.usda.gov/AmberWaves/September10/Features/EnergyUse.htm>
- CCNUCC, 2011. *Compilation of information on nationally appropriate mitigation actions to be implemented by Parties not included in Annex I to the Convention*. Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques, <http://unfccc.int/resource/docs/2011/awglca14/eng/inf01.pdf>
- CCR, 2006. *Environmental impacts of products – analysis of the life cycle environmental impacts related to final consumption of the EU 25*, Report EUR 22284 EN, Centre commun de recherche de la Commission européenne, 51 pages. [http://ec.europa.eu/environment/ipp/pdf/eipro\\_report.pdf](http://ec.europa.eu/environment/ipp/pdf/eipro_report.pdf)
- CCR, 2008. *Environmental improvement potentials of meat and dairy products*, Report EUR 23491 EN, Centre commun de recherche de la Commission européenne, 192 pages. <http://ftp.jrc.es/EURdoc/JRC46650.pdf>
- CCR, 2009. *Environmental impacts of diet changes in the EU*, Report 23783 EN, Centre commun de recherche de la Commission européenne, 98 pages. <http://ftp.jrc.es/EURdoc/JRC50544.pdf>
- Cleland D, 2010. *Towards a sustainable cold chain*, 1st International Cold Chain Conference, International Institute of Refrigeration, Cambridge, Royaume-Uni, mars. <http://www.iifir.org/userfiles/image/bookshop/2010-1.jpg>
- CME, 2010. *Energy efficiency – a recipe for success*, World Energy Council, 161 pages. [http://www.worldenergy.org/documents/fdeneff\\_v2.pdf](http://www.worldenergy.org/documents/fdeneff_v2.pdf)
- CNSS, 2011. *4-in-1 biogas systems- sanitation and acceptance issues*, China Node for Sanitation Systems, May, 35 pages. [http://www.ecosanres.org/pdf\\_files/4-in-1\\_Household\\_Biogas\\_Project\\_Evaluation-20110620.pdf](http://www.ecosanres.org/pdf_files/4-in-1_Household_Biogas_Project_Evaluation-20110620.pdf)
- Collins A et Fairchild R, 2007. *Sustainable food consumption at a sub-national level –an ecological footprint, nutritional and economic analysis*, Journal of Environmental Policy and Planning, 9(1), 15-30.
- Cuellar, A. D. et Weber, M. E. 2010. Wasted food, wasted energy: The embedded energy in food waste in the United States. Environ. Sci. Technol. 2010, 44, pp: 6464-6469. <http://pubs.acs.org/doi/pdfplus/10.1021/es100310d>

- DECC, 2010. *2050 pathways analysis*, Department of Energy and Climate Change, Royaume-Uni. 245 pages. <http://www.decc.gov.uk/assets/decc/What%20we%20do/A%20low%20carbon%20UK/2050/216-2050-pathways-analysis-report.pdf>
- DEFRA, 2010. *The 2007/2008 agricultural price spikes – causes and policy implications*, Global Foods Market Group, a cross-Whitehall group of UK government officials, 123 pages. [http://cap2020.ieep.eu/assets/2010/1/22/HMT\\_price\\_spikes.pdf](http://cap2020.ieep.eu/assets/2010/1/22/HMT_price_spikes.pdf)
- De Witt P, Tanner C, et Norfolk S, 2009. *Land policy development in an African context – lessons learned from selected experiences*, Document de travail de la FAO sur les régimes fonciers 14, Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, Rome. <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/012/ak547e/ak547e00.pdf>
- El Bassam N, 2010. *Integrated energy farming for rural development and poverty alleviation*, In: Resource Management Towards Sustainable Agriculture and Development, Agribios International, Jodhpur, India, pages 252-262. [http://www.ifeed.org/pdf/Publication\\_IEF-for-Rural-Development-and-Poverty-Alleviation.pdf](http://www.ifeed.org/pdf/Publication_IEF-for-Rural-Development-and-Poverty-Alleviation.pdf)
- FAO, 1995 *Future energy requirements for African agriculture*, Chapter 4, Scenarios. Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, Rome. [http://www.energycommunity.org/documents/ch4\\_adb.pdf](http://www.energycommunity.org/documents/ch4_adb.pdf)
- FAO, 2000. *The energy and agriculture nexus*, Document de travail sur l'environnement et les ressources naturelles 4. 84 pages. Département du développement durable, Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, Rome. <http://www.fao.org/DOCREP/003/X8054E/X8054E00.HTM> (anglais)
- FAO, 2009a. *Comment nourrir le monde en 2050*, Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, Rome. 35 pages. <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/meeting/018/k6021f.pdf>
- FAO, 2009b. *Climate change implications for fisheries and aquaculture – overview of current scientific knowledge*, Document technique de la FAO sur les pêches et l'aquaculture 530, 221 pages. ISBN 978-92-5-106347-7 <http://www.uba.ar/cambioclimatico/download/i0944e.pdf>
- FAO, 2009c. *Small scale bioenergy initiatives – brief description and preliminary lessons on livelihood impacts from case studies in Asia, Latin America and Africa*. Policy Innovation Systems for Clean Energy Security (PISCES), Practical Action et FAO, Document de travail sur la gestion de l'environnement et des ressources naturelles 31, 149 pages. Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, Rome. <http://www.fao.org/docrep/011/aj991e/aj991e00.htm>
- FAO 2010a: *Intensification durable de la production agricole grâce à une approche écosystémique et à un environnement porteur: obtenir des gains d'efficacité par le biais des services écosystémiques et de la gestion des écosystèmes*. Préparé pour la 22<sup>ème</sup> session du Comité de l'agriculture, Rome, juin 2010. <http://www.fao.org/docrep/meeting/019/k8079f.pdf>
- FAO, 2010b *Pour une agriculture intelligente face au climat: politiques, pratiques et financements en matière de sécurité alimentaire, d'atténuation et d'adaptation*, Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, Rome. <http://www.fao.org/docrep/014/i1881f/i1881f00.pdf>



- FAO, 2011a. *Produire plus avec moins. Guide à l'intention des décideurs sur l'intensification durable de l'agriculture paysanne*. Division de la production végétale et de la protection des plantes, Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, Rome. 101 pages.  
<http://www.fao.org/ag/save-and-grow/fr/index.html>
- FAO, 2011b. *An international consultation on integrated crop-livestock systems for development – the way forward for sustainable production intensification*, Gestion intégrée des cultures 13-2010 ISSN 1020-4555.
- FEM, 2011. *Improving energy efficiency and promoting renewable energy in agro-food and other small and medium enterprises*, Fonds pour l'environnement mondial, Washington DC, <http://www.thegef.org/gef/node/4305>
- Ferrier A, 2011. *Managing carbon*. Presentation by CEO, Fonterra at 7<sup>th</sup> New Zealand/Australia Climate Change and Business Conference, Wellington, 1-2 août. [www.climateandbusiness.com/userfiles/file/2011/2011%20Presentations/M0930%20A%20Ferrier.pdf](http://www.climateandbusiness.com/userfiles/file/2011/2011%20Presentations/M0930%20A%20Ferrier.pdf)
- Frater T G, 2011. *Energy in New Zealand apple production*, PhD thesis, Massey University library, Palmerston North, Nouvelle Zélande.
- Galitsky C, Worrell E et Ruth M, 2003. *Energy efficiency improvement and cost saving opportunities for the corn wet milling industry: an ENERGY STAR guide for energy and plant manager*, Report LBNL-52307, Lawrence Berkeley National Laboratory , Berkeley, California, États-Unis.
- Garnett T, 2008. *Cooking up a storm: food, greenhouse gas emissions and our changing climate*. Food Climate Research Network, Centre for Environmental Strategy, University of Surrey, Guildford, Royaume-Uni. [http://www.fcrn.org.uk/sites/default/files/CuaS\\_web.pdf](http://www.fcrn.org.uk/sites/default/files/CuaS_web.pdf)
- Geoghegan, T.; Anderson, S. et Dixon, B. 2008. *Opportunities to achieve poverty reduction and climate change benefits through low-carbon energy access programmes* . April 2008, The Ashden Awards for sustainable energy, GVEP International and IIED. [http://www.ashdenawards.org/files/reports/DFID\\_report.pdf](http://www.ashdenawards.org/files/reports/DFID_report.pdf)
- Giampietro M, 2002. *Energy use in agriculture*, Encyclopedia of Life Sciences, MacMillan Publishers, Nature Publishing Group, 15 pages. [www.els.net](http://www.els.net)
- GIEC 2007. Quatrième rapport d'évaluation. *Bilan 2007 des changements climatiques: L'atténuation des changements climatiques*, Chap. 1, 5, 7 et 9, Groupe de travail III, Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat <http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/wg3/ar4-wg3-ts-fr.pdf>
- GIEC, 2011a. *Special report on renewable energy and climate change mitigation*, Groupe de travail III, Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, [srren.ipcc-wg3.de/](http://srren.ipcc-wg3.de/)
- GIEC, 2011b. *Special report on renewable energy and climate change mitigation*, Chap. 9, Sustainable Development, Groupe de travail III, Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, [http://srren.ipcc-wg3.de/report/IPCC\\_SRREN\\_Ch09](http://srren.ipcc-wg3.de/report/IPCC_SRREN_Ch09)

- GIEC, 2011c. *Special report on renewable energy and climate change mitigation*, Chap. 8, Integration of Renewable Energy into Present and Future Energy Systems, Groupe de travail III, Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, [http://srren.ipcc-wg3.de/report/IPCC\\_SRREN\\_Ch08](http://srren.ipcc-wg3.de/report/IPCC_SRREN_Ch08)
- GIEC, 2011d. *Special report on renewable energy and climate change mitigation*, Chap. 2 Bioenergy, Groupe de travail III, Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat,, [http://srren.ipcc-wg3.de/report/IPCC\\_SRREN\\_Ch02](http://srren.ipcc-wg3.de/report/IPCC_SRREN_Ch02)
- GIEC, 2011e. *Special report on renewable energy and climate change mitigation*, Chap. 11, Policy, Financing and Implementation, Groupe de travail III, Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat,, [http://srren.ipcc-wg3.de/report/IPCC\\_SRREN\\_Ch11](http://srren.ipcc-wg3.de/report/IPCC_SRREN_Ch11)
- GIZ 2011. Modern energy services for modern agriculture – a review of smallholder farming in developing countries. <http://www.gtz.de/de/dokumente/giz2011-en-energy-services-for-modern-agriculture.pdf>
- Godfray C, Beddington J R, Crute I R, Haddad L, Lawrence D, Muir J F, Pretty J, Robinson S, Thomas S M et Toulmin C, 2010. *Food security: the challenge of feeding 9 billion people*, Science 327, 812-818. <http://www.sciencemag.org/content/327/5967/812.full?sid=0409fce2-a2c9-450f-bdd2-954688c340e1>
- GoS, 2011. *Foresight project on global food and farming futures*, Synthesis Report C12: Meeting the challenges of a low-emissions world, UK Government Office for Science, Londres. <http://www.bis.gov.uk/assets/bispartners/foresight/docs/food-and-farming/synthesis/11-632-c12-meeting-challenges-of-low-emissions-world.pdf>
- Gustavsson J, Cederberg C, Sonesson U, van Otterdijk R et Meybeck A, 2011. *Global food losses and food wastes – extent, causes and prevention*. Institut suédois pour l'alimentation et la biotechnologie et Division des infrastructures rurales et des agro-industries, Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, Rome. [www.fao.org/ag/ags/ags-division/publications/publication/en/?dyna\\_fef%5Buid%5D=74045](http://www.fao.org/ag/ags/ags-division/publications/publication/en/?dyna_fef%5Buid%5D=74045)
- Heinberg R et Bomford M, 2009. *The food and farming transition – towards a post-carbon food system*, Post Carbon Institute, Sebastopol, California. 39 pages. <http://www.postcarbon.org/files/PCI-food-and-farming-transition.pdf>
- Heller M C et Keoleian G A, 2000. *Life cycle-based sustainability indicators for assessment of the US food system*, Center for Sustainable Systems, University of Michigan, Report CSS00-04, Etats-Unis [http://css.snre.umich.edu/css\\_doc/CSS00-04.pdf](http://css.snre.umich.edu/css_doc/CSS00-04.pdf)
- Ho M-W, 2011. *Sustainable agriculture and off-grid renewable energy*, Institute of Science in Society (ISIS) [www.i-sis.org.uk/SustainableAgricultureOffGridRenewableEnergy.php](http://www.i-sis.org.uk/SustainableAgricultureOffGridRenewableEnergy.php)
- ISD, 2010: Increasing access to homestead biogas in Tentulia: Pilot Project: [www.snvworld.org/en/Documents/Increasing\\_access\\_to\\_homestead\\_biogas\\_in\\_Tentulia\\_Bangladesh\\_2010.pdf](http://www.snvworld.org/en/Documents/Increasing_access_to_homestead_biogas_in_Tentulia_Bangladesh_2010.pdf),
- Ismail M, Rossi A et Geiger N, 2011. *A compilation of bioenergy sustainability initiatives: update*. Food and Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, Rome. 10 pages. <http://www.fao.org/bioenergy/28190-01db4fcd51560954e617923620b75c5e7.pdf>

Projet BEFSCI des critères et indicateurs sur la bioénergie et la sécurité alimentaire, Division du climat, de l'énergie et des régimes fonciers, Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, Rome. [www.fao.org/bioenergy/28181-06f2c1188624d95fcf3e95e0805d34f3e.pdf](http://www.fao.org/bioenergy/28181-06f2c1188624d95fcf3e95e0805d34f3e.pdf)

Jianbo L, 2006. *Energy balance and economic benefits of two agro-forestry systems in northern and southern China*, Agriculture, Ecosystems and Environment 116, 255-262.

Karekezi S et Kithyoma W, 2006. *Cogen for Africa: a project to promote new capacity in several countries*, Cogeneration & On-site Power production, novembre. <http://www.cospp.com/articles/print/volume-7/issue-6/features/cogen-for-africa-a-project-to-promote-new-capacity-in-several-countries.html>

Khakbazan M, Scott S L, Block H C, Robins C D et McCaughey W P, 2009. *Economic effects and energy use efficiency of incorporating alfalfa and fertilizer into grass-based pasture systems*, World Academy of Science, Engineering and Technology 49, 79-84.

Kim G R, 2010. *Analysis of global food market and food-energy price links – based on systems dynamics approach*, Hankuk Academy of Foreign Studies, Corée du Sud, Scribd, 18 pages. <http://www.scribd.com/doc/44712712/Analysis-of-Global-Food-Market-and-Food-Energy-Price-Links>

Leach G, 1976. *Energy and food production*. IPC Science and Technology Press. Guildford, Surrey, Royaume-Uni.

Lehmann J et Joseph S (Eds.), 2009. *Biochar for environmental management: science and technology*. Earthscan Publications, Londres.

LGA, 2009. *War on waste – food packaging study, Wave 3*, Local Government Association, BMRB report 45106324, 43 pages. <http://www.lga.gov.uk/lga/aio/1613930>

Lobell D B, Burke M B, Tebaldi C, Mastrandrea M D, Falcon W P et Naylor R L, 2008. *Prioritizing climate change adaptation needs for food security in 2030*, Science, 319(5863), 607-610 DOI: 10.1126/science.1152339

McBratney A, Whelan B, Ancev T et Bouma J, 2006. *Future directions of precision agriculture*, Precision Agriculture, 6(1), 7-23. DOI 10.1007/s11119-005-0681-8. Springerlink, <http://www.springerlink.com/content/r4k236p6582x2143/>

Miao Y, Stewart B A et Zhang F S, 2010. *Long-term experiments for sustainable nutrient management in China – a review*, Agronomy for Sustainable Development, DOI 10.1051/agro/2010034 [http://www.agronomy-journal.org/index.php?option=com\\_article&access=doi&doi=10.1051/agro/2010034&Itemid=129](http://www.agronomy-journal.org/index.php?option=com_article&access=doi&doi=10.1051/agro/2010034&Itemid=129)

Moreno M M, Lacasta C, Meco R et Moreno C, 2011. *Rainfed crop energy balance of different farming systems and crop rotations in a semi-arid environment: results of a long-term trial*, Soil and Tillage Research 114(1), 18-27.

Muir J F, 2010. *Fuel and energy use in the fisheries sector- approaches, inventories and strategic implications*. Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, Rome. novembre. (Non publié).

- Nasso N, Bosco S, Di Bene C, Coli A, Mazzoncini M et Bonari E, 2011. *Energy efficiency in long-term Mediterranean cropping systems with different management intensities*. Energy 36, 1924-1930.
- Nelson G C, Robertson R, Msang S, Zhu T, Liao X et Jawajar P, 2009. *Greenhouse gas mitigation – issues for Indian agriculture*, Discussion paper 00900, International Food Policy Research Institute, Washington DC, 39 pp. <http://www.ifpri.org/sites/default/files/publications/ifpridp00900.pdf>
- Netting R M, 1993. *Energy inputs, outputs and sustainable systems*, Chapter 4, in “Smallholders, householders: farm families and the ecology of intensive, sustainable agriculture” [http://www.amazon.com/Smallholders-Householders-Intensive-Sustainable-Agriculture/dp/0804721025#reader\\_0804721025](http://www.amazon.com/Smallholders-Householders-Intensive-Sustainable-Agriculture/dp/0804721025#reader_0804721025)
- Nguyen M L et Haynes R J, 2005. *Energy and labour efficiency for three pairs of conventional and alternative mixed cropping (pasture-arable) farms in Canterbury, New Zealand*. Agriculture, Ecosystems and Environment 52 (2-3), 163-172.
- NSCA, 2006. *Biogas as a road transport fuel*, National Society for Clean Air and Environmental Protection, Brighton, Royaume-Uni. ISBN 0 903 47461 1
- NZERDC, 1983. *On-farm energy supply and conservation*, Report 98, New Zealand Energy Research and Development Committee, Auckland.
- OCDE, 2008. *Environmental performance of agriculture in OECD countries since 2008*, Chapter 1, Section 1.4 Energy, <http://www.oecd.org/dataoecd/25/53/40678556.pdf>
- OMI, 2008. *Updated study on greenhouse gas emissions from ships 2008-2009*. Organisation maritime internationale, [http://www.unctad.org/sections/wcmu/docs/cimem1p08\\_en.pdf](http://www.unctad.org/sections/wcmu/docs/cimem1p08_en.pdf)
- Passey R et MacGill I, 2009. *Energy sales targets: an alternative to white certificate schemes*. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301421509001190>
- Pimentel D et Pimentel M, 1996). *Food, energy and society* (revised edition). University of Colorado Press, Niwot, Colorado, États-Unis. Energy Policy, Volume 37, Issue 6, June 2009, pages 2310-2317.
- Pimentel D et Pimentel M, 1996). *Food, energy and society* (revised edition). University of Colorado Press, Niwot, Colorado, États-Unis.
- Pimentel D, Marklein A, Toth M A, Karpoff M N, Oaul G S, McCormick R, Kyriazis J et Krueger T, 2009. *Food versus fuels –environmental and economic costs*, Human Ecology, Springer, DOI 10.1007/s10745-009-9215-8 <http://www.stopogm.net/sites/stopogm.net/files/foodvsbiofuelspimentel.pdf>
- Phong L T, De Boer I J M et Udo H M J, 2011. *Life cycle assessment of food production in integrated agricultura-aquaculture systems of the Mekong Delta*. Livestock Science 139, 80-90.
- PNUD, 2009, *The energy access situation in developing countries - a review focusing on the least developed countries and Sub-Sahara Africa*. Programme des Nations Unies pour le développement

et Organisation mondiale de la santé. <http://content.undp.org/go/newsroom/publications/environment-energy/www-ee-library/sustainable-energy/undp-who-report-on-energy-access-in-developing-countries-review-of-ldcs---ssas.en>

PNUE, 2011. *Towards a green economy: pathways to sustainable development and poverty eradication – a synthesis for policy makers*. Programme des Nations Unies pour l'environnement [www.unep.org/greeneconomy](http://www.unep.org/greeneconomy)

Practical Action, 2009. *Energy poverty – the hidden energy crisis*, 7 pages. Practical Action, Rugby, Royaume Uni. [http://practicalaction.org/energy-advocacy/docs/advocacy/energy\\_poverty\\_hidden\\_crisis.pdf](http://practicalaction.org/energy-advocacy/docs/advocacy/energy_poverty_hidden_crisis.pdf)

Practical Action, 2012. *Poor People's Energy Outlook*

REN21, 2011. *Renewables 2011 Global Status Report*, Renewable Energy for the 21<sup>st</sup> Century, Paris. [http://www.ren21.net/Portals/97/documents/GSR/REN21\\_GSR2011.pdf](http://www.ren21.net/Portals/97/documents/GSR/REN21_GSR2011.pdf)

Rodriguez D, 2011. *New Holland agriculture's clean energy leader strategy*, Climate Action press release, 3 août, [www.climateactionprogramme.org/press\\_releases/new\\_hollands\\_clean\\_energy\\_leader\\_strategy](http://www.climateactionprogramme.org/press_releases/new_hollands_clean_energy_leader_strategy)

Saunders C, Barber A et Taylor G, 2006. *Food-miles – comparative energy/emissions performance of New Zealand's agriculture industry*, Research report 285, Agribusiness and Economic Research Unit, Lincoln University, Christchurch, Nouvelle Zélande. 119 pages [http://www.lincoln.ac.nz/documents/2328\\_rr285\\_s13389.pdf](http://www.lincoln.ac.nz/documents/2328_rr285_s13389.pdf)

Saunders C et Hayes P, 2009. *Air freight transport of fresh fruit and vegetables*, Research report 299, Agribusiness and Economic Research Unit, Lincoln University, Nouvelle Zélande. 48 pages. [http://researcharchive.lincoln.ac.nz/dspace/bitstream/10182/248/1/aeru\\_rr\\_299.pdf](http://researcharchive.lincoln.ac.nz/dspace/bitstream/10182/248/1/aeru_rr_299.pdf)

Sawin J, 2006. *National policy instruments- policy lessons for the advancement and diffusion of renewable energy technologies around the world*, In: Aßmann D, Laumanns U, and Uh D, (eds.), *Renewable Energy - A Global Review of Technologies, Policies and Markets*, Earthscan, Londres.

Schneider U A et Smith P, 2009. *Energy intensities and greenhouse gas emissions in global agriculture*, *Energy Efficiency*, 2, 195-206, DOI 10.1023/A:1009728622410

SER, 2011. *Farmers flock to invest in renewable energy schemes*, *Sustainable Energy Review*, 5 septembre. [www.internationalsustainableenergy.com/3219/news/farmers-flock-to-invest-in-renewable-energy-schemes/](http://www.internationalsustainableenergy.com/3219/news/farmers-flock-to-invest-in-renewable-energy-schemes/)

Smil V, 2008. *Energy in nature and society- general energetic of complex systems*, MIT Press, Cambridge, Massachusetts. 512 pages.

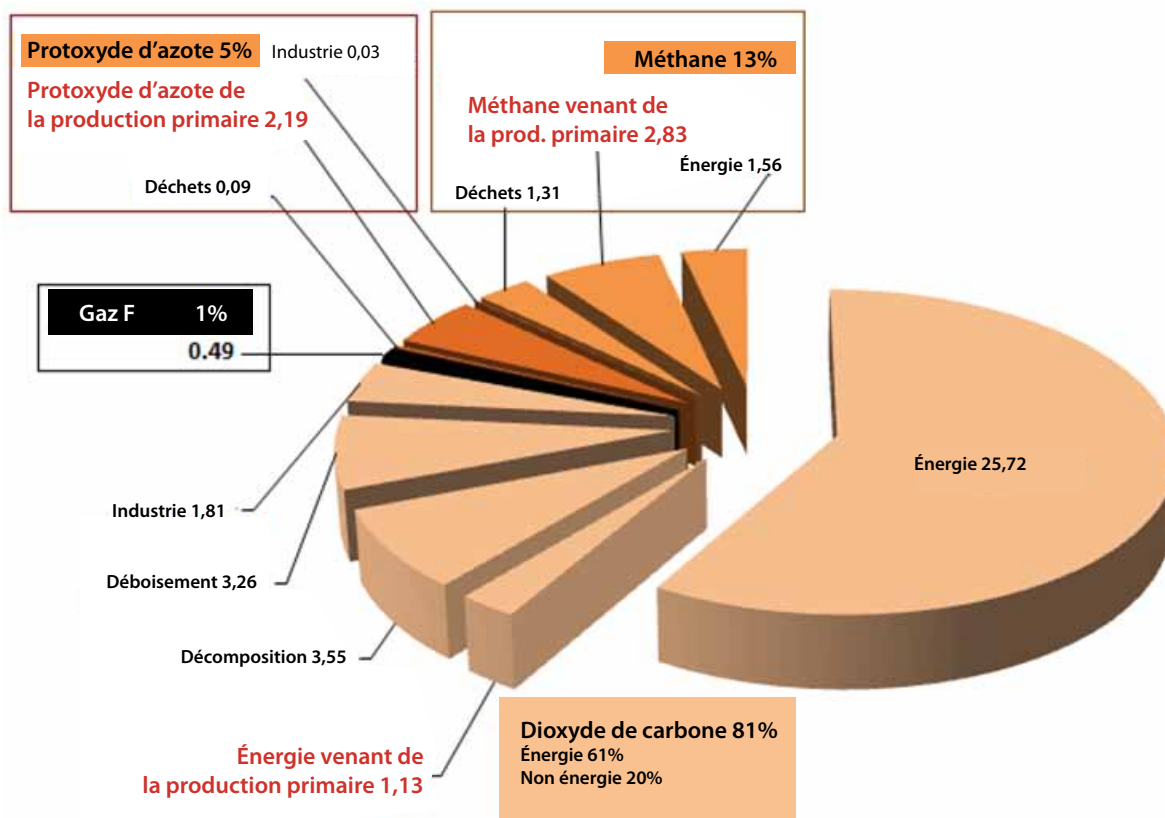
SOFIA, 2010. *La situation mondiale des pêches et de l'aquaculture*, Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, Rome. <http://www.fao.org/docrep/013/i1820f/i1820f00.htm>

- Soto, D. (ed.), 2009. *Integrated mariculture: a global review*, Document technique sur les pêches et l'aquaculture. No. 529. Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, 183p <http://www.fao.org/docrep/012/i1092e/i1092e00.htm>
- Spielman D J et Pandya-Lorch R, 2010. *Proven successes in agricultural development – a technical compendium to “Millions Fed”*, International Food Policy Research Institute, Washington DC, <http://www.ifpri.org/publication/proven-successes-agricultural-development>
- Steele P E, 2011. *Agro-mechanization and the information services provided by FAOSTAT*. Unpublished internal Report. Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, Rome.
- Stout B A, 1991. *Handbook of energy for world agriculture*. New York, Elsevier.
- Thomas S A, 2011. *White paper: integrated multi-trophic aquaculture*, Report of workshop, 14-15 September, 2010, Port Angeles, Washington, États-Unis. [http://www.pacaqua.org/PacAqua\\_News/wp-content/uploads/2011/05/IMTA-White-Paper-FINAL\\_14May2011.pdf](http://www.pacaqua.org/PacAqua_News/wp-content/uploads/2011/05/IMTA-White-Paper-FINAL_14May2011.pdf)
- Tyedmers P H, Watson R et Pauly D, 2005. *Fueling global fishing fleets*, Royal Swedish Academy of Sciences, *Ambio* 34(8), 635-638. [http://sres.management.dal.ca/Files/Tyedmers/Fueling\\_Fleets1.pdf](http://sres.management.dal.ca/Files/Tyedmers/Fueling_Fleets1.pdf)
- Tzilivakis J, Warner D J, May M, Lewis K A et Jaggard K, 2005. *An assessment of the energy inputs and greenhouse gas emissions in sugar beet production in the UK*. *Agricultural Systems*, 85(2), 101-119.
- Union Européenne, 2005. *Biomass Action Plan*. Communication from Commission of the European Communities 2005. Brussels. [http://ec.europa.eu/energy/renewables/bioenergy/national\\_biomass\\_action\\_plans\\_en.htm](http://ec.europa.eu/energy/renewables/bioenergy/national_biomass_action_plans_en.htm) (anglais)
- USEPA, 2006. *Global mitigation of non-CO2 GHGs*. Environmental Protection Agency report EPA 430-R-06-005, Washington DC, USA. [www.epa.gov/climatechange/economics/downloads/GlobalMitigationFullReport.pdf](http://www.epa.gov/climatechange/economics/downloads/GlobalMitigationFullReport.pdf)
- Van Iersel S, Flammini A, 2010. *Algae-based biofuels – Applications and co-products*, Environment and Natural Sources Management working paper 44, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.
- Vorley B, 2011. *Small farmers and market modernisation*, Reflect and Act, International Institute for Environmental Development, IIED Sustainable Markets Group, July. [www.iiied.org](http://www.iiied.org)
- Weber C L et Matthews H S, 2008. *Food-miles and the relative climate impacts of food choices in the United States*, *Environmental Science and Technology*, 10.1021/es702969f [http://psufoodscience.typepad.com/psu\\_food\\_science/files/es702969f.pdf](http://psufoodscience.typepad.com/psu_food_science/files/es702969f.pdf)
- WEF, 2011. *Water security – the water-food-energy-climate nexus*, Initiative pour l'eau du Forum économique mondial (World Economic Forum), Island Press, Washington DC.
- White, R. 2007. Carbon governance from a systems perspective: an investigation of food production and consumption. *Proceedings of the European Council for an Energy-Efficient Economy (ECEEE) 2007 Summer Study*. France.

- Williams A G, Pell E, Webb J, Tribe E, Evans D, Moorhouse E et Watkiss P, 2007. *Comparative life cycle assessment of food commodities procured for UK consumption through a diversity of supply chains*, Final report for DEFRA, Project FO0103, Department for Food, Environment and Rural Affairs, Royaume Uni. [www.defra.gov.uk](http://www.defra.gov.uk)
- Williams A, Pearn K, Sandars D, Audsley E, Parsons D et Chatterton J, 2010. *Analysis of the 2007/8 Defra Farm Business Survey Energy Module*, Defra Project Code RMP 5465, Natural Resources Management Centre, Cranfield University. 106 pp.
- Wilson J D K, 1999. *Fuel and financial savings for operators of small fishing vessels*, Document technique sur les pêches 383, Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, Rome. 44 pages. ISBN: 92-5-104223-3.
- Woods, J.; Williams, A.; Hughes J.K.; Black M. et Murphy R. *Energy and the food system*. Phil. Trans. R. Soc. B 2010-365, 2991-3006. <http://www.bis.gov.uk/assets/bispartners/foresight/docs/food-and-farming/drivers/dr4-energy-and-food-system.pdf>
- Ziesemer J, 2007. *Energy use in organic food systems*, Département de la gestion des ressources naturelles et de l'environnement, Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, Rome. 28 pages. <http://www.fao.org/docs/eims/upload/233069/energy-use-oa.pdf>

## Annexe 1. Émissions de gaz à effet de serre

En 2006, les émissions de gaz à effet de serre provoquées par l'action de l'homme s'élevaient à 44,17 Gt de CO<sub>2</sub>-eq. Les émissions provenant de la production primaire (méthane, protoxyde d'azote et dioxyde de carbone) représentaient environ 14 pour cent de ce total. L'utilisation des terres et le changement d'affectation des terres comptaient pour environ 15 pour cent du total, tandis que l'énergie comptait pour environ 65 pour cent du total (surtout CO<sub>2</sub>).



(Tiré de GIEC, 2007).

Les émissions de gaz à effet de serre résultant de la production primaire comprenaient les gaz suivants:

- *Le dioxyde de carbone* provenant de la combustion des carburants fossiles, soit ~3 pour cent des émissions totales de GES (auxquelles s'ajoutent les émissions provenant de l'oxydation du carbone dans les sols en notant, par contre, que le carbone libéré par la biomasse aérienne ou souterraine, ou par la respiration des organismes aquatiques, est normalement compensé par la photosynthèse).
- *Le méthane*, soit ~6 pour cent, produit par la digestion des ruminants, la riziculture, les sols et les sédiments anaérobiques, outre de petites quantités produites par les sites piscicoles. L'agriculture contribue donc à presque la moitié du méthane anthropique total.
- *Le protoxyde d'azote*, soit ~5 pour cent, dont la plupart dû à l'action métabolique des bactéries du sol sur l'ammonium et les nitrates résultant de l'utilisation d'engrais minéraux, des déchets organiques et d'origine animale, des résidus agricoles et des plantes fixatrices d'azote.
- *Les gaz fluorocarbonés* (ou gaz F) contribuent aussi aux émissions de GES, notamment lors des pertes de réfrigérant le long de la chaîne du froid (GoS, 2011).

Il convient toutefois de signaler que ces données sont peu fiables, surtout dans le cas des pays à PIB faible d'où proviennent plus de deux tiers des émissions totales de GES du secteur agro-alimentaire.



## Annexe 2. Intrants en énergie, intensités de la demande, sources d'énergie renouvelables et possibilités d'exportation de l'énergie pour une gamme d'exploitations de production primaire typiques (Tableau tiré de giec, 2011c)

Type d'exploitation	Intrants en énergie directe	Intensité de la demande d'énergie	Possibles sources d'énergie renouvelable	Potentiel d'exportation de l'énergie
Cultures arables (p. ex. blé, maïs, manioc, riz, huile de palme, cane à sucre)	Carburant pour tracteurs (diesel). Électricité pour l'irrigation, les installations de stockage, le transport. Chaleur pour le séchage (GPL, gaz)	Demande élevée de diesel pour les machines. Élevée en cas d'agriculture irriguée; faible à moyenne en cas d'agriculture de conservation. Demande faible et saisonnière de chaleur.	Résidus des cultures pour la production de chaleur, d'électricité et, éventuellement, de biocarburants. Production de biocarburants et de biogaz à partir de cultures énergétiques. Énergie solaire si bons sites disponibles.	Biocarburants (ou matières premières). Énergie solaire. Énergie éolienne et hydroélectrique moins probables en cas de terres arables plates ou ondulées
Ferme maraîchère – à grande échelle pour la transformation (p. ex. pommes de terre, oignons, carottes).	Carburant pour tracteurs (diesel). Électricité pour l'irrigation, le triage, le transport, le refroidissement, la ventilation, le stockage.	Demande élevée de diesel pour les machines. Demande élevée en cas d'irrigation et de systèmes de refroidissement post-récolte.	Résidus secs de la combustion. Résidus humides pour la digestion anaérobie. Possibilité d'énergie solaire et éolienne.	Chaleur et biogaz essentiellement utilisés sur place. Possibilité d'énergie solaire.
Jardin maraîcher (légumes des petites exploitations agricoles).	Essence/diesel pour les tracteurs à deux ou quatre roues. Électricité pour le lavage, le triage.	Demande moyenne en matière de carburant pour les tracteurs. Demande faible pour les activités post-récolte; demande moyenne pour les chambres froides.	Résidus et rebuts pour les petites installations à biogaz utilisé sur place, mais à petite échelle et saisonnières.	Faible.
Cultures protégées - serres.	Comme pour les jardins maraîchers avec en plus la chaleur et l'énergie pour l'éclairage et l'irrigation.	Faible pour les équipements. Demande élevée de chaleur pendant l'hiver.	Quelques résidus pour la combustion. Comme pour les jardins maraîchers.	Faible.
Vergers (p. ex. fruits à pépins, bananes, ananas, olives).	Carburant pour tracteurs (diesel ou essence). Électricité pour l'irrigation au goutte-à-goutte, le triage, les chambres froides.	Moyenne de carburant. Moyenne d'électricité en cas d'agriculture irriguée et de stockage après récolte sur place.	Résidus des tailles pour la combustion. Rebuts des fruits pour la production de biogaz.	Faible.
Élevage laitier (à grande échelle avec plus de 50 vaches).	Diesel pour les tracteurs. Électricité pour la traite, le pompage, le refroidissement, l'irrigation, l'éclairage. Chaleur pour l'eau et la pasteurisation.	Demande élevée d'électricité, surtout en cas d'irrigation. Moyenne pour l'équipement. Faible demande de chaleur.	Fumier pour la production de biogaz. Chaleur résiduelle du refroidissement du lait. Solaire thermique. Solaire et éolienne si bons sites disponibles.	Chaleur et électricité à partir du biogaz. Énergie solaire ou éolienne.
Élevage pastoral (p. ex. mouton, bovin, cerf, chèvre, lama).	Diesel ou essence pour les machines. Électricité pour la tonte, la réfrigération.	Demande moyenne en cas de conservation d'un peu de pâturage. Très faible demande d'électricité.	Éolienne et hydraulique à petite échelle en cas de paysage montagneux. Résidus forestiers. Solaire si bons sites disponibles.	Énergie solaire et hydraulique.

Élevage intensif (p. ex. porcs, volailles, veaux).	Électricité pour l'éclairage, la ventilation, le pompage d'eau. Diesel pour les tracteurs.	Demande élevée en cas d'hébergement principalement à l'intérieur; moyenne à faible en cas d'hébergement à l'intérieur et à l'extérieur. Demande élevée en cas d'engraissement à la ferme; faible en cas d'aliments achetés.	Fumier pour la production de biogaz. Fientes de volaille pour la combustion. Solaire et éolienne pour le pompage de l'eau.	Chaleur et électricité à partir du biogaz et des fientes de volaille à l'échelle communautaire.
Pêche commerciale -chalutiers	Diesel marin ou mazout. Électricité pour la réfrigération, la glace.	Demande élevée de carburants. Faible demande d'électricité	Rebuts des captures. Résidus de la transformation halieutique pour la production de biogaz ou d'huiles.	Faible.
Pêche commerciale – petits bateaux	Diesel, essence, carburant pour moteurs deux-temps. Électricité pour la réfrigération, la glace.	Demande faible/moyenne de carburants. Faible demande d'électricité.	Résidus de la transformation halieutique pour la production de biogaz.	Aucun.
Aquaculture – exploitation piscicole à terre ou off-shore.	Diesel, essence, carburant pour moteurs deux-temps pour les bateaux de service, chaleur. Électricité pour la réfrigération, la glace, le pompage d'eau, l'aération.	Faible demande de carburants si à terre; moyenne si off-shore. Faible demande de chaleur pour chauffer l'eau. Demande faible/moyenne d'électricité en fonction du type d'entreprise.	Résidus de la transformation pour la production de biogaz. Chaleur géothermique ou solaire thermique. Énergie maritime – ex. vagues, marées, systèmes de courants des océans.	Faible. Électricité tirée de l'énergie maritime possible dans le futur.

### Annexe 3. Actions du gouvernement visant à réduire les besoins énergétiques du secteur agro-alimentaire - Étude de cas sur 40 ans en Nouvelle Zélande

Depuis les années 70, la Nouvelle Zélande s'est inquiétée de la consommation d'énergie de son secteur agro-alimentaire étant donné, surtout, que les produits alimentaires et les fibres représentent 60 pour cent environ de ses revenus d'exportation. En 1987, les subventions à l'agriculture ont été éliminées et l'industrie a dû devenir plus efficace pour se démarquer de la concurrence. Les chocs pétroliers de 1973 et de 1979 ont porté au rationnement du diesel et à des journées sans voitures. Suite à cela, le gouvernement a constitué le Comité de recherche et développement en matière d'énergie (*NZ Energy Research Development Committee*) et le Conseil sur les combustibles liquides (*Liquid Fuels Trust Board*), chargés de réaliser des études approfondies et des investissements pour réduire la future dépendance envers le pétrole d'importation. L'utilisation de l'énergie dans tout le secteur agro-alimentaire a été analysée de façon détaillée (voir par exemple la fig. A1 ci-dessous sur l'utilisation de l'électricité dans les exploitations); des analyses analogues ont également été menées sur l'utilisation de l'essence et du diesel dans les exploitations agricoles, ainsi que sur toute l'industrie de la transformation alimentaire. L'objectif de ces analyses était d'identifier les principaux domaines dans lesquels l'énergie est utilisée afin de mener des activités de recherche axées sur la réduction de la demande d'énergie à travers l'amélioration de l'efficacité énergétique et la substitution du pétrole d'importation.

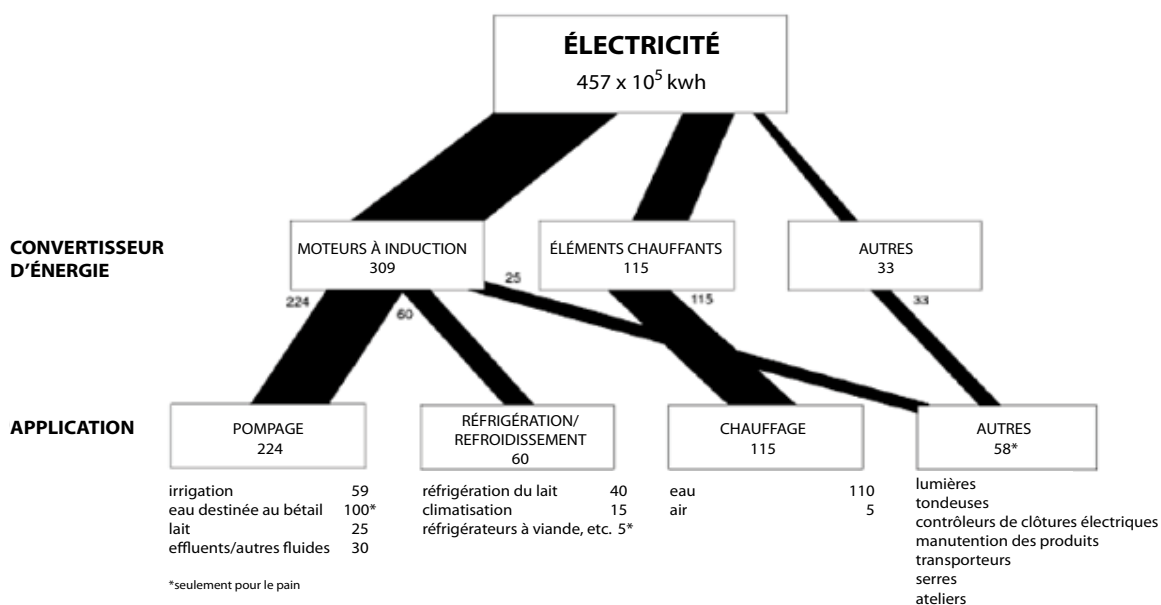


Figure A1. Flux énergétiques de la demande d'électricité dans les exploitations agricoles de Nouvelle Zélande en 1980 - exemple d'analyse détaillée de l'énergie du secteur agro-énergétique menée dans la même période. Source: NZERDC, 1983

L'Agence pour la conservation et l'efficacité énergétique (NZ Energy Efficiency and Conservation Authority, voir [www.eeca.govt.nz](http://www.eeca.govt.nz)) a été établie en 1992 pour conseiller et appuyer les entreprises, les ménages et les agriculteurs en matière d'utilisation judicieuse de l'énergie. Les critiques faites aux produits alimentaires exportés de Nouvelle Zélande générateurs de «kilomètres alimentaires» ont donné lieu à la publication d'un rapport sur les opportunités en matière d'efficacité énergétique de tous les secteurs, dont celui de la production primaire, des transports et de la transformation alimentaire (CAE, 1996). Plus récemment, de nombreuses analyses détaillées des cycles de vie ont été effectuées (voir Saunders *et al.*,

2006; Frater, 2011). La réduction des émissions de GES est devenue un autre facteur important, raison pour laquelle cette économie de marché a entrepris de ramener ses émissions aux niveaux de 1990 conformément à son engagement du Protocole de Kyoto. Ceci a porté le gouvernement à fixer comme objectif de porter la génération d'électricité issue des énergies renouvelables de 75 pour cent à 90 pour cent en 2020, et les entreprises électriques publiques à encourager les agriculteurs à réduire leur demande d'énergie. En outre, le système néo-zélandais d'échange de quotas d'émissions est en vigueur depuis le 1<sup>er</sup> janvier 2008. Pour le moment, il comprend les plantations forestières, les carburants pour le transport et le secteur électrique mais il devrait inclure les émissions du secteur agricole à partir de 2015<sup>28</sup> (date qui peut faire l'objet d'une révision). Toutes ces initiatives ont porté à de nombreux résultats positifs: Fonterra, la plus grande entreprise de transformation laitière du pays, a réduit ces apports d'énergie par tonne de produit de 13,9 pour cent (soit 0,33 Mt de CO<sub>2-eq</sub>) et ses émissions de GES à l'exploitation de 8,5 pour cent par litre de lait (soit 1,4 Mt de CO<sub>2-eq</sub>) (Ferrier, 2011). En dépit des nombreuses actions et politiques mises en place par le gouvernement, l'intensité énergétique du secteur agro-alimentaire de la Nouvelle Zélande peut être réduite encore plus à toutes les étapes de la filière. À ce jour, les faibles coûts de l'énergie y ont fait obstacle.

---

28 <http://www.climatechange.govt.nz/emissions-trading-scheme/participating/agriculture/allocation/>

