



**NATIONS UNIES
CONSEIL ECONOMIQUE ET SOCIAL**



Distr. : LIMITEE

ECA/SDD/CSD/.3/5

6 octobre 2003

FRANÇAIS
Original: ANGLAIS

COMMISSION ECONOMIQUE POUR L'AFRIQUE

Troisième réunion du Comité du développement durable

Addis-Abeba (Ethiopie)
7-10 octobre 2003

**Rapports thématiques sur la mise en valeur des ressources naturelles:
technologies d'exploitation des énergies renouvelables
en vue de l'allègement de la pauvreté**

Table des matières

	Page
I. INTRODUCTION	1
II. Considérations générales sur l'énergie et la pauvreté	2
II.1 Comprendre la pauvreté	2
II.2 Dimension énergétique de la pauvreté: pauvreté énergétique.....	3
III. Liens entre énergie et réduction de la pauvreté.....	6
III.1 Etat actuel d'utilisation de l'énergie en Afrique rurale	6
III.2 Accès aux services énergétiques et objectifs de développement du Millénaire.....	7
IV. Options technologiques d'exploitation des énergies renouvelables en vue de l'allègement de la pauvreté	9
IV.1 Technologies exploitant l'énergie de la biomasse.....	9
IV.1.1 Combustion directe.....	10
IV.1.2 Gazéification.....	10
IV.1.3 Technologie du biogaz.....	11
IV.1.4 Production d'éthanol	11
IV.2 Technologie de la microhydroélectricité	12
IV.3 Technologie de l'énergie héliothermique.....	12
IV.4 Technologie de l'énergie photovoltaïque	13
IV.5 La technologie de l'énergie éolienne	14
IV.6 Les systèmes hybrides de production d'énergie électrique.....	15
V. Mettre les technologies des énergies renouvelables (TER) au service des pauvres.....	16
V.1 Assurer une meilleure alimentation en énergie: grimper dans «l'échelle des énergies».....	16
V.2 Faciliter l'accès à des services énergétiques améliorés grâce aux technologies des énergies renouvelables	18
V.2.1 Suppression de l'obstacle du coût initial grâce à des mécanismes de financement novateurs.....	18
V.2.2 Amélioration des cadres institutionnels.....	20
V.2.3 Surmonter les obstacles techniques.....	21
V.2.4. Stratégie pour promouvoir l'exploitation des énergies renouvelables dans les communautés rurales pauvres.....	21
VI. Conclusion.....	22

I. INTRODUCTION

1. Energie et pauvreté occupent une bonne place dans de nombreux rapports et déclarations d'organismes tels que la Banque mondiale, (BM, 2001), le Programme des Nations Unies pour le développement (PNUD, 2001), le Conseil mondial de l'énergie (CME, 1999), l'Agence internationale de l'énergie (AIE, 2002) ou l'Agence britannique pour le développement international (DFID, 2002). La plupart de ces rapports soulignent qu'il est important d'améliorer l'accès à des sources énergétiques modernes pour alléger la pauvreté.

2. En septembre 2000, l'Assemblée générale des Nations Unies a adopté la Déclaration du Millénaire énonçant les objectifs de développement du Millénaire à poursuivre pour alléger la pauvreté. D'autre part, en avril 2001, à sa neuvième session, la Commission du développement durable a conclu que «l'accès à des services énergétiques d'un coût abordable est une condition préalable à la réalisation de l'objectif approuvé par la communauté internationale, qui consiste réduire de moitié, d'ici à 2015, le nombre de personnes vivant avec moins d'un dollar par jour».

3. Il est communément admis que l'énergie en elle-même n'est pas un besoin vital, mais qu'elle constitue un apport fondamental permettant de satisfaire d'autres besoins essentiels: alimentation correcte, eau potable, soins de santé, éducation, habitation, emploi, etc. Les populations n'ont pas besoin d'énergie en tant que telle, mais plutôt des avantages et services que l'énergie procure. Aussi est-il impossible de satisfaire les besoins fondamentaux de l'être humain et de réduire la pauvreté sans améliorer l'accès à de meilleurs services énergétiques¹.

4. La plupart des pays les moins avancés (PMA) connaissent une croissance faible sinon stagnante de l'accès à des services énergétiques modernes. En Afrique sub-saharienne, la plupart des pauvres recourent encore à la biomasse traditionnelle pour la cuisine et le chauffage. En raison de la misère et du manque d'accès à des sources énergétiques modernes, plus de 80 % de la population globale africaine, et surtout les pauvres, recourent à la biomasse pour résoudre leurs besoins énergétiques ménagers (cuisson et chauffage, en particulier).

5. Cependant, le fait que la majorité de la population à revenu faible en Afrique subsaharienne continue de dépendre de la biomasse pour satisfaire ses besoins énergétiques de base dans un futur prévisible n'est pas en soi très préoccupant. Ce qui est inquiétant, c'est la manière dont la biomasse est utilisée ainsi que les technologies et applications utilisées dans sa combustion. Tel est le lien entre l'utilisation de la biomasse et la pauvreté dans de nombreux pays en développement. Il existe de nombreuses technologies rentables et plus efficaces qui pourraient servir à convertir la biomasse et d'autres ressources énergétiques renouvelables en vecteurs d'énergie moderne, comme l'électricité, les combustibles gazeux et liquides, contribuant ainsi à réduire la pauvreté et à promouvoir des moyens d'existence durables.

¹ On entend par services énergétiques les produits, procédés ou services souhaités et utiles qui résultent de l'utilisation de l'énergie : cuisson, chauffage de l'eau, éclairage, réfrigération, pompage de l'eau, etc.

6. Le présent document repose sur un examen de la littérature disponible en matière d'énergie et de pauvreté, y compris le rôle que pourraient jouer les technologies d'exploitation des énergies renouvelables pour réduire la pauvreté dans les pays en développement. Il traite de questions telles que: pauvreté et dimension énergétique de la pauvreté; liens entre énergie, réduction de la pauvreté et technologies d'exploitation des énergies renouvelables pour l'amélioration des services énergétiques ruraux; et exploitation des énergies renouvelables au service des pauvres en Afrique.

II. Considérations générales sur l'énergie et la pauvreté

II.1 Comprendre la pauvreté

7. Il n'y a pas de définition précise la pauvreté. Celle-ci est un phénomène complexe, multidimensionnel et propre à un contexte lié à l'insuffisance ou à l'absence d'avantages sociaux, économiques, culturels et politiques. Traditionnellement, la pauvreté est définie en termes de déficit de consommation ou de revenu. C'est pourquoi il est devenu courant d'établir un seuil de pauvreté basé sur le revenu ou sur la consommation, qui est généralement fixé par rapport au coût de l'alimentation de base d'un groupe et/ou la combinaison de besoins alimentaires de base et de quelques produits essentiels non alimentaires. On définit couramment la pauvreté monétaire comme le fait d'avoir un dollar ou moins par jour pour vivre.

8. Une autre approche lie la pauvreté aux besoins fondamentaux de l'être humain. Elle définit la pauvreté comme étant le fait d'être privé des moyens matériels permettant de satisfaire un minimum acceptable de besoins fondamentaux de l'être humain, notamment l'alimentation. Ce concept de privation va bien au-delà d'une insuffisance de revenu individuel: il comprend également le besoin de prestations élémentaires de santé et d'éducation de base, ainsi que de services essentiels qui doivent être fournis par la communauté afin d'empêcher les individus de sombrer dans la pauvreté. Ce concept tient également compte des besoins d'emploi et de participation à la vie de la société.

9. Une approche relativement nouvelle définit la pauvreté selon le concept de capacité. Du point de vue des capacités, la pauvreté représente l'absence de certaines capacités fonctionnelles élémentaires. Cette forme de pauvreté s'applique donc aux personnes qui n'ont pas la possibilité d'atteindre des niveaux minimums acceptables concernant ces capacités fonctionnelles. Celles-ci peuvent aller du domaine matériel - disposer d'une alimentation convenable, être correctement vêtu et logé et être prémuni contre les maladies pour lesquels existe une prophylaxie, par exemple - à des critères sociaux plus complexes tels que la participation à la vie de la collectivité.

10. Ce concept de pauvreté fondé sur les capacités fonctionnelles correspond à la description de la *pauvreté humaine* que le Programme des Nations Unies pour le développement (PNUD) fournit dans ses rapports, en définissant la *pauvreté* comme étant la négation des opportunités et des possibilités de choix les plus essentiels au développement humain (PNUD, 1997; PNUD, 2001). Cette définition est peut-être plus pertinente que celle qui mesure la pauvreté en fonction du revenu, puisqu'elle met l'accent sur les causes de la

pauvreté et aboutit à des stratégies d'émancipation et autres actions tendant à renforcer les opportunités pour tous.

11. Reconnaître la pauvreté des opportunités et des possibilités signifie qu'il faut s'attaquer à la pauvreté dans toutes ses dimensions. C'est pourquoi, le *Rapport sur le développement humain, 1997* présente un *Indicateur de la pauvreté humaine* (IPH) qui tente d'appréhender en un indice composite la dégradation de la qualité de la vie sous ses différents aspects, afin de fournir un instrument homogène d'évaluation de la pauvreté dans une communauté. L'IPH utilise des indicateurs relatifs aux dimensions les plus essentielles de la privation: le déficit de longévité, le déficit dans le domaine de l'instruction et le déficit d'accès aux ressources publiques et privées (mesuré par l'accès aux services de santé et à l'eau potable, combiné à la prévalence de la malnutrition).

12. Selon le *Rapport sur le développement dans le monde, 2000/2001*, la pauvreté englobe non seulement le fait d'être privé de moyens matériels (mesuré par un concept approprié de revenu ou de consommation), mais également d'avoir un faible niveau d'instruction et un faible état de santé. Cependant, il est communément admis que la pauvreté est la conséquence de processus économiques, sociaux et politiques interdépendants, qui se renforcent mutuellement et peuvent aggraver ou alléger les privations quotidiennes des pauvres.

13. A titre d'exemple, de meilleurs résultats dans le domaine de santé non seulement améliorent le bien-être mais également multiplient les possibilités de générer des revenus. De même, une instruction poussée non seulement améliore le bien-être mais conduit aussi à de meilleurs résultats dans le domaine de la santé et à l'augmentation des revenus. Renforcer la voix et la participation des populations permet non seulement de s'attaquer à leur sentiment d'exclusion mais également de mieux centrer la santé et l'instruction sur leurs besoins. Comprendre ces complémentarités est indispensable à la conception et à la mise en oeuvre de programmes et de projets permettant aux populations d'échapper à la pauvreté.

II.2 Dimension énergétique de la pauvreté: pauvreté énergétique

14. La pauvreté énergétique est définie comme étant l'absence de choix véritable pour accéder à des services énergétiques corrects, abordables, fiables, de qualité, sûrs et sans danger pour l'environnement, pour appuyer le développement économique et humain². Elle interagit avec d'autres manifestations de la pauvreté, notamment le manque d'accès à des services sociaux essentiels, comme indiqué par l'encadré 1, ci-dessous.

² The Gender-Energy-Poverty Nexus : Finding the energy to address gender concerns in development, projet du DFID CNTR998521, par Joy S. Clancy, Margaret Skutsch et Simon Batchelor.

Encadré 1 : L'énergie en tant que facteur de services sociaux essentiels

Il faut absolument un approvisionnement en énergie fiable et abordable pour satisfaire les besoins quotidiens les plus élémentaires des pauvres du monde entier, à savoir notamment:

- *La cuisson*: l'énergie pour la cuisson (et le chauffage en climat froid) est l'un des besoins les plus fondamentaux de l'existence. On estime qu'environ 95 % des produits alimentaires de base (comme le riz, les céréales ou les bananes vertes) doivent être cuisinés pour être mangés.
- *L'eau potable*: fournir de l'eau potable serait impossible sans l'énergie nécessaire pour la pomper et les combustibles propres pour la faire bouillir. Sans l'énergie permettant de pomper l'eau et/ou les ustensiles permettant de la faire bouillir, on serait souvent contraint d'utiliser des eaux de courants, pollués par le bétail ou les effluents d'origine humaine.
- *L'éclairage*: l'énergie utilisée pour l'éclairage permet aux individus d'étudier et/ou de mener de nuit des activités génératrices de revenus.
- *Les soins de santé*: il faut de l'énergie pour alimenter, dans les dispensaires ruraux, les équipements vitaux permettant par exemple de réfrigérer les vaccins et autres médicaments, de stériliser les instruments ; il en faut aussi pour l'éclairage et le transport.
- *L'éducation*: il faut de l'énergie pour assurer l'éclairage dans les écoles, ce qui permet de prolonger les cours, et pour alimenter du matériel didactique moderne comme les rétroprojecteurs ou les ordinateurs.
- *La communication*: il faut une alimentation électrique pour faire fonctionner la radio et/ou le téléviseur, mais également pour les technologies de l'information et de la communication (TIC), qui permettent aux ménages, aux agriculteurs, aux écoles et autres habitants des zones éloignées d'accéder à des informations cruciales.
- *Les besoins agricoles*: de nombreuses cultures doivent être transformées (les grains en farine, par exemple) avant d'être consommées. Sans force motrice, cette tâche est très laborieuse et même éreintante, en particulier pour les femmes et les fillettes.

Source : d'après plusieurs publications pertinentes.

15. Selon un rapport de l'Agence internationale de l'énergie (AIE)³, l'Afrique subsaharienne a le taux d'électrification le plus faible de toutes les grandes régions du monde, puisque 23% seulement de sa population a accès à l'électricité. De façon générale, plus de 500 millions d'Africains n'ont toujours pas accès à l'électricité. Les statistiques montrent que plus de 83% de la population rurale africaine n'a pas accès à l'électricité et que plus de 92% de la population rurale d'Afrique subsaharienne n'a toujours pas accès à l'électricité.

16. Il est également précisé que plus de la moitié de l'ensemble des individus qui utilisent du biocombustible traditionnel pour la cuisine et le chauffage (environ 2,4 milliards de personnes) vivent en Inde et en Chine, mais que c'est en Afrique subsaharienne que la *proportion* de la population tributaire de la biomasse est la plus forte. Dans la plupart des pays les moins avancés d'Afrique subsaharienne, pratiquement tous les ménages ruraux utilisent de la biomasse traditionnelle à l'état brut pour la cuisine, alors que la plupart des ménages urbains utilisent le charbon de bois.

³ Perspectives énergétiques mondiales, 2002 – Chapitre 13: énergie et pauvreté.

17. La forte dépendance à l'égard des bio-combustibles traditionnels et l'accès limité aux sources énergétiques modernes comme l'électricité ou les hydrocarbures (gaz de pétrole liquéfié et kérosène) ne peuvent aider les personnes démunies à échapper à la pauvreté. A défaut d'un accès à des sources énergétiques modernes abordables, il est quasiment impossible de mener une activité économique de production ou d'améliorer les services sanitaires ou l'éducation. L'encadré 2 ci-dessous donne un aperçu des effets de l'utilisation de la biomasse.

Encadré 2 : Effets sur les pauvres de la dépendance excessive à l'égard de l'énergie de la biomasse

L'utilisation intensive de la biomasse et le manque d'accès à des combustibles modernes peuvent produire les effets ci-après:

- *Temps consacré à la collecte des combustibles*: l'utilisation généralisée du bois de chauffage et du charbon de bois peuvent entraîner des pénuries au niveau local. Les pauvres (en général les femmes et les fillettes) sont alors contraints de passer des heures à collecter du bois loin de leur habitation. De ce fait, ils ont moins de temps à consacrer à d'autres activités de production comme l'agriculture, l'éducation et autres activités génératrices de revenus.
- *Inégalité entre les sexes*: la majorité de ceux qui vivent dans la pauvreté sont des femmes. Les femmes accordent beaucoup de valeur à l'amélioration des services énergétiques parce qu'elles sont les premières utilisatrices de l'énergie à usage domestique. Ce sont elles qui risquent de pâtir des effets d'une utilisation inefficace des bio-combustibles et des méthodes de cuisson traditionnels.
- *Santé*: l'inefficacité de la combustion de la biomasse à usage domestique entraîne une forte pollution de l'air dans les habitations, qui est nuisible aux femmes et aux enfants. Cette pollution a notamment les effets suivants: affections respiratoires aiguës, issue défavorable des grossesses, bronco-pneumopathie chronique obstructive et plusieurs formes de cancer. On estime que les affections respiratoires aiguës sont la première cause de morbidité et de mortalité des enfants de moins de 5 ans.
- *Productivité agricole*: l'utilisation des résidus agricoles et du fumier pour faire la cuisine réduit la productivité agricole, car il s'agit également d'engrais courants. Par conséquent, une dépendance excessive à l'égard de ces bio-combustibles pour la cuisine et le chauffage des ménages les plus pauvres se traduira par une pénurie d'engrais organiques.
- *Environnement*: intensifier l'utilisation de la biomasse peut avoir de multiples effets sur l'environnement, notamment l'érosion des sols et leur appauvrissement en éléments nutritifs, puisque la biomasse est collectée régulièrement et que les ménages pauvres utilisent des résidus agricoles et du fumier comme combustibles. Sacrifier la couverture végétale et la qualité des sols risque de laisser les ménages ruraux pauvres plus démunis et plus vulnérables aux chocs économiques ou environnementaux.

Source : d'après le rapport de l'AIE, Perspectives énergétiques mondiales, 2002: énergie et pauvreté.

III. Liens entre énergie et réduction de la pauvreté

III.1 Etat actuel d'utilisation de l'énergie en Afrique rurale

18. Pour l'essentiel, l'énergie consommée par les ménages ruraux pauvres est tirée des bio-combustibles traditionnels disponibles localement sous forme de bois de chauffage, de résidus agricoles et de fumier. La cuisson représente entre 90 et 100 % de la consommation d'énergie des ménages⁴. Le reste va à l'éclairage, fourni soit par le feu de bois (feu de cuisson), des lampes à kérosène et des bougies. Le chauffage des locaux, indispensable dans les zones de climat froid, est souvent assuré par l'énergie servant à la cuisson des aliments.

19. Dans toutes les zones rurales d'Afrique sub-saharienne, la façon la plus courante de faire la cuisine avec des bio-combustibles traditionnels est celle du foyer ouvert ou du *feu à trois pierres*, qui transfère généralement à peine 5 à 10 % de la valeur énergétique des combustibles à la marmite et qui est responsable de la pollution de l'air dans les habitations. Améliorer ce taux de combustion en utilisant des fourneaux « améliorés » pourrait donc entraîner une économie de combustible et atténuer les effets négatifs de l'utilisation de l'énergie de la biomasse traditionnelle sur la santé des femmes et des enfants, sans parler d'autres effets néfastes.

20. La prédominance des bio-combustibles traditionnels en tant que principale source d'énergie pour la cuisson, en dépit de son inefficacité et de ses effets préjudiciables à la santé, pourrait s'expliquer par le fait qu'il s'agit d'une source d'énergie « gratuite ». Dans la plupart des cas, le bois de chauffage est ramassé et non acheté. Cependant, sa collecte demande de l'énergie et du temps, généralement aux femmes et aux enfants. On estime que dans les zones rurales en Afrique subsaharienne, de nombreuses femmes transportent 20 kilogrammes de bois de chauffage chaque jour sur des distances de cinq kilomètres en moyenne.

21. Bien que l'éclairage consomme relativement peu d'énergie, il s'agit d'un service énergétique important pour les ménages. Le kérosène est la source d'énergie moderne la plus couramment utilisée à cet effet, mais il entraîne des coûts relativement élevés d'achat des lampes et du combustible. Le bois de chauffage est un autre combustible important utilisé dans ce domaine, notamment par les familles les plus démunies, parce qu'il n'entraîne pas d'investissement supplémentaire. Pour les ménages à revenu élevé, l'électricité (fournie par le réseau, des groupes électrogènes diesels ou des systèmes photovoltaïques) est une option; mais cette option ne va pas sans difficulté pour les ménages à revenu faible, compte tenu des coûts initiaux élevés (installation électrique).

22. Énergie et électricité sont nécessaires à toutes les étapes de la production agricole, notamment pour le labour, la culture, l'irrigation, la récolte, la transformation après-récolte, le stockage, le transport des intrants et des extrants agricoles. En dépit des nombreux avantages qui pourraient en résulter, la mécanisation de l'agriculture reste faible dans la plupart des pays d'Afrique subsaharienne.

⁴ The Challenge of Rural Energy Poverty in Developing Countries ; WEC/FAO, octobre 1999.

23. L'agriculture mécanisée n'étant guère développée en Afrique, l'essentiel de l'intrant énergétique destiné aux activités agricoles de base est fourni par la force humaine et les animaux de trait. La dépendance excessive à l'égard de la main-d'œuvre humaine, en particulier les femmes, combiné aux faibles apports en calories pourrait expliquer les niveaux faibles et décroissants de la productivité agricole dans la majeure partie de l'Afrique subsaharienne. Les animaux de trait peuvent alléger la besogne et accroître la productivité agricole: ils assurent le transport, tractent les outils, tirent l'eau du puits et actionnent les unités de traitement des cultures.

24. Les petites industries rurales comprennent des industries agroalimentaires (industrie alimentaire, fumage du poisson, brasserie, conditionnement du tabac, séchage du thé, etc.) et des industries non agricoles (briqueterie, production de charbon de bois, industrie extractive à petite échelle, poterie, forgeage, menuiserie et ateliers divers). Leurs besoins en énergie englobent l'éclairage, la chaleur industrielle, la force motrice ou puissance d'entraînement et l'électricité. Les bio-combustibles traditionnels demeurent leur principale source de chaleur industrielle, même s'ils cèdent de plus en plus la place à des sources modernes, sous l'effet de l'électrification rurale et parce que d'autres sources d'énergie commerciale sont de plus en plus disponibles.

III.2 Accès aux services énergétiques et objectifs de développement du Millénaire

25. L'énergie joue un rôle vital qui consiste à appuyer la poursuite des objectifs de développement du Millénaire et améliorer l'existence des pauvres dans le monde entier. Bien que les objectifs de développement du Millénaire ne fassent pas spécifiquement mention du rôle de l'énergie dans la réduction de la pauvreté, l'accès aux services énergétiques est un élément crucial de la réalisation de ces objectifs. Les liens entre l'accès aux services énergétiques et la réduction de la pauvreté peuvent être présentés comme suit :

- *Réduire la pauvreté de moitié d'ici à 2015*: cet objectif ne sera pas atteint sans énergie permettant d'accroître la production, le revenu et le niveau d'éducation, de créer des emplois et de réduire la corvée journalière consistant simplement à survivre.
- *Réduire la faim de moitié*: cet objectif ne peut être atteint sans énergie pour accroître la production sur toute la chaîne alimentaire (labour, culture, récolte, transformation et commercialisation).
- *Améliorer la santé et réduire la mortalité*: on ne peut y parvenir sans énergie pour la réfrigération des vaccins et autres médicaments nécessaires à la prévention et au traitement des maladies et infections dans les dispensaires et centres médicaux et pour les campagnes de vaccination.
- *Approvisionnement en eau potable*: il ne peut être assuré sans l'énergie nécessaire pour pomper l'eau et des combustibles propres pour la faire bouillir.
- *Équité entre les sexes dans l'enseignement*: cet objectif ne peut être atteint tant que les filles seront retirées de l'école et chargées de collecter, pour la subsistance de leur famille, des combustibles traditionnels raréfiés.

26. Par conséquent, le rôle que les services énergétiques peuvent jouer dans la poursuite des objectifs du Millénaire et pour améliorer l'existence des pauvres, ainsi que les relations directes et indirectes entre énergie et pauvreté peuvent être présentés comme suit:

i) Réduire l'extrême pauvreté de moitié:

- L'accès aux services énergétiques facilite le développement économique, y compris les micro-entreprises, l'augmentation de la productivité grâce à l'utilisation des machines, les activités génératrices de revenus et les moyens de subsistance grâce à l'éclairage prolongé et une meilleure création d'emplois locaux.
- L'accès à des combustibles propres et efficaces réduit la part importante du revenu des ménages consacrée à la cuisson, à l'éclairage et au chauffage.
- L'accès à des services énergétiques modernes peut également contribuer à réduire le « fossé numérique » dans le domaine des TIC.

ii) Réduire la faim et améliorer l'accès à l'eau potable

- Les services énergétiques peuvent contribuer à améliorer l'accès à l'eau potable de pompage mais également la cuisson des aliments, puisque la majorité des produits alimentaires de base (comme le riz, les céréales ou les bananes vertes) doivent être cuisis avant d'être mangés.
- Les services énergétiques peuvent également contribuer à améliorer la productivité sur toute la chaîne alimentaire (labour, culture, récolte, transformation, transport, etc.) et réduire les pertes après récolte grâce à une meilleure conservation (séchage et fumage, par exemple).
- L'énergie utilisée à des fins d'irrigation permet d'augmenter la production alimentaire et d'être mieux nourri.
- L'eau salubre permet d'être en meilleure santé.
- Une santé et une alimentation meilleures ouvrent des possibilités d'emploi et de revenu.

iii) Réduire la mortalité infantile et maternelle et combattre les maladies

- Il faut des services énergétiques pour donner accès à de meilleures structures sanitaires prévoyant l'éclairage des blocs opératoires, la réfrigération des vaccins et autres médicaments, la stérilisation des instruments et pour assurer le transport jusqu'aux centres de santé.
- L'électricité permet aux centres de santé de fonctionner de nuit, de conserver du personnel qualifié et d'utiliser des équipements, notamment de stockage des vaccins et médicaments destinés à la prévention et au traitement des maladies et infections.
- L'accès à des services énergétiques permet d'obtenir des aliments nutritifs cuits, de chauffer les habitations et de faire bouillir l'eau, contribuant ainsi à un meilleur état de santé.

- L'accès à des services énergétiques modernes peut également contribuer à améliorer la santé des femmes et des enfants parce que:
 - La collecte des combustibles traditionnels et la cuisson des aliments exposent les jeunes enfants à des risques pour leur santé et réduit le temps consacré à la puériculture;
 - Une charge de travail excessive et un travail physique pénible (porter de lourds fardeaux de bois et de lourdes charges d'eau) peuvent détériorer la santé et le bien-être d'une femme enceinte.

iv) Assurer l'enseignement primaire pour tous et promouvoir l'égalité des sexes et l'autonomisation des femmes

- Les services énergétiques réduisent le temps que les femmes et les fillettes consacrent à des activités élémentaires de survie telles que ramasser du bois, aller chercher de l'eau, cuisiner de manière inefficace, transformer les récoltes manuellement, effectuer le travail agricole manuellement, etc.
- Un bon éclairage permet d'étudier dans les maisons.
- L'éclairage des écoles autorise les cours du soir et permet d'y retenir les enseignants, surtout s'ils n'ont pas d'électricité à domicile.
- Des services énergétiques fiables offrent des possibilités aux femmes-entrepreneurs.

IV. Options technologiques d'exploitation des énergies renouvelables en vue de l'allègement de la pauvreté

27. Les énergies renouvelables (biomasse, énergie solaire, énergie éolienne et énergie hydraulique) peuvent être exploitées pour satisfaire les besoins énergétiques élémentaires des zones rurales, en appliquant les technologies appropriées de conversion de l'énergie. De nombreuses technologies existantes - ou en cours d'élaboration - permettraient de fournir des services énergétiques fiables et durables à partir des énergies renouvelables, mais le stade de développement et le niveau de compétitivité de ces technologies sont très variables. Toutes les énergies renouvelables peuvent être converties en électricité, mais seules quelques-unes peuvent produire des combustibles liquides et gazeux et fournir directement de la chaleur.

IV.1 Technologies exploitant l'énergie de la biomasse

28. L'énergie de la biomasse peut être « modernisée » c'est-à-dire produite et convertie en formes plus pratiques, comme les combustibles gazeux et liquides. Elle peut aussi servir à produire de la chaleur ou de l'électricité. De nombreuses technologies permettent de convertir la biomasse solide en vecteurs d'énergie propre et plus pratique. La plupart de ces technologies sont disponibles sur le marché alors que d'autres sont encore au stade de l'élaboration et de la démonstration. Les technologies les plus prometteuses sont brièvement décrites ci-après.

IV.1.1 Combustion directe

29. La combustion directe demeure la technique la plus couramment utilisée pour obtenir de l'énergie utile à partir de la biomasse à des fins de chaleur et d'électricité. Des systèmes technologiques à petite échelle exploitant la biomasse pour fournir la chaleur nécessaire au chauffage des habitations, à la cuisson des aliments ou à des activités génératrices de revenus (conditionnement du tabac, fumage du poisson ou de la viande, briqueterie, poterie, forgeage, etc.) revêtent un intérêt pour les pauvres des zones rurales. La combustion de la biomasse à petite échelle pour la cuisson et le chauffage peut être plus efficace grâce à la promotion de cuisinières améliorées, censées résoudre les imperfections des cuisinières traditionnelles en permettant un meilleur transfert de la chaleur à la marmite, pour plus d'efficacité et moins de pollution de l'air dans les habitations.

30. La technologie prédominante de production d'électricité à partir de la biomasse, à des niveaux supérieurs à un mégawatt (1 MW), est la combustion directe de la biomasse dans une chaudière pour produire de la vapeur, qui est ensuite récupérée dans une turbine. La puissance typique des centrales électriques à biomasse se situe entre 1 et 50 MWe, la moyenne étant de 20 MWe. Dans certaines installations agro-industrielles, la chaleur perdue par la turbine peut être récupérée et servir de chaleur à usage industriel, c'est ce que l'on appelle la production mixte d'énergie, qui a été développée dans la plupart des raffineries de sucre (à Maurice, par exemple). *Cependant, ces applications à grande échelle des technologies de combustion de la biomasse ne concernent guère l'allègement de la pauvreté.*

IV.1.2 Gazéification

31. Le gaz combustible ou *gaz de gazogène* peut être produit à partir de la biomasse solide par un processus termo-chimique appelé *gazéification*. Il s'agit de brûler la biomasse dans un réacteur ou un conteneur fermé appelé *gazogène*, dans lequel il n'y a pas suffisamment d'air pour assurer une combustion totale. Il existe deux grandes technologies de gazéification de la biomasse : i) celle dite du gazogène à lit fixe, dans laquelle l'air traverse un lit tassé de blocs de combustibles et ii) celle dite du gazogène à lit fluidisé. A l'heure actuelle, la gazéification par gazogène à lit fixe semble être l'option la plus viable de production d'électricité à partir de la biomasse, pour une capacité de 500 kW au maximum.

32. Le gaz de gazogène peut remplacer les combustibles fossiles dans bien des applications telles que: i) les applications qui demandent de la chaleur directe, le gaz étant brûlé directement sur une chaudière, un fourneau ou dans un four pour fournir de la chaleur; ii) les applications qui demandent une puissance électrique ou d'entraînement, le gaz servant à faire fonctionner des moteurs diesel bicarburant. Pour la production d'électricité, le gaz de gazogène peut être utilisé dans des moteurs diesels modifiés, remplaçant ainsi 70 à 80 % du combustible diesel nécessaire pour faire fonctionner ces moteurs. Ces systèmes de gazogène/moteur fondés sur la biomasse augurent l'approvisionnement en force motrice et en électricité des zones isolées et reculées des pays en développement où le réseau électrique est soit inexistant soit peu fiable. Cependant, les problèmes liés aux conditions d'épuration du gaz, les coûts relativement élevés de l'opération et la prudence de rigueur ont limité l'exploitation à grande échelle de ces systèmes.

IV.1.3 Technologie du biogaz

33. Un gaz combustible riche en méthane, dénommé *biogaz*, peut être produit à partir de la biomasse par un processus de conversion biologique appelée *digestion anaérobie*. Ce processus se déroule dans un conteneur hermétique, le *digesteur*. Le biogaz peut être brûlé directement pour fournir l'énergie nécessaire à la cuisson et à l'éclairage ou utilisé indirectement dans un moteur bicarburant pour produire de l'électricité ou une force motrice. Le biogaz est plus couramment produit en utilisant des déjections animales, mélangées à de l'eau pour obtenir la bouillie introduite dans le digesteur. L'effluent riche en nitrogène libéré par le digesteur après la production du biogaz sert généralement d'engrais.

34. Il y a deux types de digesteurs à biogaz: i) le digesteur à volume fixe, qui produit un gaz dont la pression est variable en fonction du volume de gaz que l'on cherche à produire ; ii) le digesteur à pression fixe (ou encore digesteur à dôme flottant), dont le volume est variable en fonction de la quantité de gaz que l'on cherche à produire. Le digesteur à pression fixe présente l'avantage de pouvoir approvisionner en gaz des appareils comme: un réfrigérateur à gaz ou un groupe électrogène bicarburant, qui demandent que la pression du gaz soit constante.

35. On peut construire des digesteurs de pratiquement n'importe quelle taille, depuis la petite taille familiale (1 à 2 m³), produisant juste assez de gaz pour la cuisine et l'éclairage, à un digesteur de plusieurs m³ destiné à une communauté importante, produisant suffisamment de gaz pour générer de l'électricité. La viabilité technique de la technologie du biogaz a été mainte fois prouvée dans nombre d'essais sur le terrain et de projets de démonstration, mais de nombreux problèmes surviennent dès qu'il s'agit de la diffusion à grande échelle, en particulier en ce qui concerne la disponibilité des produits d'alimentation du digesteur (déjections animales et eau) et le coût élevé de l'investissement (300 à 500 dollars pour 1 à 2 m³).

IV.1.4 Production d'éthanol

36. L'éthanol est un combustible liquide produit par fermentation de sucres de la biomasse (de la canne à sucre, par exemple). On peut également le produire à partir de la biomasse contenant de l'amidon (le manioc, le maïs ou les pommes de terre, par exemple). Il s'agit de procéder à une conversion initiale d'hydrates de carbone en sucres hydrosolubles avant de passer à la fermentation. Bien que la production d'éthanol à partir de la biomasse contenant du sucre puisse être considérée comme une technologie bien établie, les travaux de recherche continuent de révéler d'autres processus utilisant des produits d'alimentation de moindre valeur. En fait, certaines des cultures à biomasse utilisées pour produire de l'éthanol sont des denrées alimentaires très prisées dans la plupart des pays d'Afrique subsaharienne. C'est pourquoi des recherches intensives sont axées sur la production d'éthanol par hydrolyse de la biomasse ligno-cellulosique, une option potentiellement efficace et peu onéreuse⁵. L'éthanol s'est révélé une source d'énergie de remplacement des combustibles liquides au Zimbabwe, au Malawi et au Kenya.

⁵ Perspectives énergétiques mondiales: l'énergie et le défi de la viabilité.

IV.2 Technologie de la microhydroélectricité

37. La technologie de la microhydroélectricité convertit l'énergie gravitationnelle des chutes d'eau en énergie mécanique et, à partir de l'énergie mécanique, en énergie électrique. On distingue souvent trois catégories de microhydroélectricité: la microhydro (moins de 100 kW), la mini hydro (de 100 à 1 000 kW) et la petite hydro (de 1 à 10 MW). L'hydroélectricité à petite échelle est à présent une technologie éprouvée, qui a été considérablement améliorée par des régulateurs de charge électroniques, des turbines de conception peu onéreuse, des moteurs électroniques servant de groupes-électriques et l'utilisation du plastique dans la tuyauterie et les conduites forcées. La petite hydroélectricité est peut-être l'une des options les moins onéreuses pour l'alimentation électrique de zones rurales trop éloignées pour être connectées à un réseau d'électricité.

38. Depuis le début des années 80, des efforts importants ont été faits pour concevoir des approches locales adaptées au développement de la petite hydroélectricité. De nombreux projets de microhydroélectricité d'une capacité installée inférieure à 100 kW sont du type dit de la "centrale hydro-électrique au fil de l'eau", qui ne demande pas de grands travaux de génie civil et qui utilise des équipements fabriqués localement. Le cas des projets mis en œuvre au Népal montre l'importance de la participation de la communauté locale, qui réduit les coûts, renforce la satisfaction des consommateurs et contribue à la viabilité financière de l'investissement.

39. En fonction des utilisations finales, l'énergie dégagée par la turbine peut servir directement de force mécanique, mais la turbine peut aussi être connectée à un groupe électrogène pour produire de l'électricité. Bien souvent, dans un contexte rural, la puissance d'entraînement convient pour la transformation des produits alimentaires, (meunerie ou extraction d'huile par exemple), la scierie, la menuiserie l'artisanat minier. Cependant, de nombreuses applications demandent que cette énergie soit convertie en énergie électrique. L'électricité est préférable pour les applications domestiques, par exemple. Elle peut être fournie directement aux ménages par un petit système de distribution électrique ou au moyen de batteries qui sont renvoyées périodiquement à la centrale électrique pour être rechargées.

IV.3 Technologie de l'énergie héliothermique

40. L'énergie solaire peut être directement convertie en chaleur pour les applications à basse température. Les technologies d'énergie héliothermique qui ont été diffusées dans les pays en développement concernent les chauffe-eaux, séchoirs, cuisinières et distillateurs solaires. Le chauffage solaire de l'eau domestique est l'application la plus importante de la technologie de conversion de l'énergie héliothermique à basse température. Un système de chauffage solaire de l'eau comprend trois éléments : un capteur solaire, un réservoir et un dispositif de circulation pour amener l'eau chauffée du capteur au réservoir. Dans ce type de système, l'eau chauffée circule normalement du capteur solaire au réservoir, par le processus de convection naturelle appelé *thermosiphon*.

41. Le séchage solaire peut contribuer à réduire les pertes après récolte de produits agricoles dans les zones rurales africaines. Les séchoirs solaires se composent de trois grands éléments: une salle de séchage des produits agricoles, un capteur solaire qui chauffe l'air et un système d'écoulement de l'air par convection naturelle ou convection forcée. Les séchoirs solaires sont classés en plusieurs catégories: les séchoirs directs, les séchoirs indirects, les séchoirs en mode mixte et les séchoirs hybrides (qui supposent une ventilation forcée). De manière générale, les travaux de recherches montrent que les séchoirs solaires fonctionnent bien et donnent de meilleurs résultats que les méthodes traditionnelles de séchage des cultures à l'air libre. Cependant, les séchoirs existants sont encore trop chers pour les petits paysans et seuls les exploitants à revenu moyen et supérieur peuvent se les offrir. Mais pour les acquérir, les petits agriculteurs pourraient s'organiser en coopératives.

IV.4 Technologie de l'énergie photovoltaïque

42. La photovoltaïque est une technologie qui convertit directement la lumière solaire en électricité. Dans un système photovoltaïque, l'énergie est produite lorsque la lumière frappe le matériau semi-conducteur et crée un courant électrique. La plus petite unité de ce système est une cellule solaire. Les cellules câblées entre elles forment un module et les modules câblés entre eux forment un panneau. Les systèmes photovoltaïques sont une source fiable, renouvelable, écologique et rentable de production d'électricité pour toute une gamme d'applications domestiques et communautaires dans les pays en développement.

43. Les systèmes photovoltaïques peuvent comporter certains des composants de base ci-après, ou tous: i) *un module ou une série de modules photovoltaïques* et les structures de soutènement nécessaires; ii) *un dispositif de conservation de l'énergie* (en général des batteries); iii) *un équipement de conditionnement* de l'énergie (facultatif et qui comprend en général des inverseurs et des équipements de contrôle et de protection); iv) *des câbles* (qui relient l'alimentation en énergie au dispositif de stockage, aux équipements de conversion et aux appareils); v) *une charge* (équipement alimenté par la source d'énergie).

44. Les principales applications de la technologie de l'énergie solaire photovoltaïque dans les pays en développement sont les suivantes:

- *L'éclairage de structures publiques*: l'éclairage par générateur photovoltaïque, couplé à un accumulateur pour le stockage de l'énergie, est utilisé pour les structures publiques telles que les écoles et les centres de santé et permet de poursuivre les activités d'enseignement ou les activités génératrices de revenus après le coucher du soleil;
- *Les appareils ménagers*: les systèmes de production d'électricité d'origine photovoltaïque fournissent de l'électricité pour l'éclairage domestique et pour les appareils ménagers tels que les postes de télévision et de radio;
- *La réfrigération*: l'électricité issue de l'énergie solaire est particulièrement utile pour l'alimentation des réfrigérateurs dans lesquels sont stockés des vaccins, des poches de sang et d'autres consommables nécessaires aux soins de santé dans les zones rurales;

- *La recharge de batteries:* les modules photovoltaïques peuvent servir à recharger des batteries pour l'alimentation d'appareils électriques tels que les lampes de poche, les postes radio et télévision et les lampes;
- *Le pompage de l'eau:* les modules photovoltaïques sont couramment utilisés pour l'alimentation en eau des villages et du cheptel, ainsi que pour l'irrigation.

45. Le coût total d'un système photovoltaïque dépend de nombreux facteurs, mis à part le matériel de base. Il n'en demeure pas moins que ce coût est un facteur important et compte, en règle générale, pour 30 à 50% de la dépense d'équipement, les composants relatifs au coût d'installation et des fournitures (BOS) représentant environ la même proportion. Les coûts respectifs de diverses configurations standard sont les suivants:

- *Un petit système photovoltaïque domestique* destiné à alimenter trois ampoules fluorescentes, une radio et une télévision en noir et blanc coûte entre 350 et 700 dollars. Un tel système exige ordinairement un module de 50 Wp ainsi qu'une structure d'appui, une batterie, des câbles et des commandes.
- *Un réfrigérateur photovoltaïque pour la conservation des vaccins* coûte entre 2 000 et 5 000 dollars. Un tel système nécessiterait un ensemble de 200 Wp et serait équipé d'un caisson isolant, d'une batterie très performante, de câbles et de commandes.
- *Un système photovoltaïque monté sur le toit d'un immeuble public ou d'une école* et destiné à l'éclairage, à l'alimentation en énergie d'équipements électriques, etc. revient à 10 000 dollars. Le coût de l'électricité produite par ce système de 1,5 kWp (1 500 Wp) dépend de l'efficacité générale du système, de la disponibilité des ressources, de la durée de vie du système et de la réduction accordée.

IV.5 La technologie de l'énergie éolienne

46. Les systèmes d'énergie éolienne permettent de convertir l'énergie cinétique des masses d'air en mouvement en énergie mécanique ou électrique. On distingue deux types d'éoliennes: les éoliennes qui produisent de l'énergie mécanique, qui est essentiellement utilisée pour le pompage de l'eau dans les zones rurales, et les turbines éoliennes qui produisent de l'électricité pour les ménages, les villages ou pour la connexion au réseau de distribution électrique. L'électricité produite par une turbine éolienne moderne est, en pratique, égale au carré de la vitesse du vent, bien que sur un plan théorique, elle soit égale au cube de cette vitesse. Cela signifie que si la vitesse du vent dans un site A est deux fois plus élevée que celle d'un site B, le premier site produira quatre fois plus d'énergie que le second.

47. La disponibilité de bonnes données relatives à la vitesse du vent est essentielle à la prise de décision concernant la faisabilité d'un projet d'éolienne. Aujourd'hui, la plupart des turbines éoliennes commerciales sont installées sur des sites où la vitesse moyenne du vent est supérieure à 6m/s ou 22 km/h. Le système peut cependant fonctionner avec des vitesses annuelles moyennes supérieures à 5,5 m/s. En règle générale, il est possible d'installer de

petites turbines éoliennes avec une vitesse annuelle moyenne supérieure à 4m/s, mais on se contentera de vitesses inférieures pour les opérations de pompage de l'eau.

48. La technologie de production d'énergie éolienne est une technologie mature et compétitive du point de vue économique par rapport à la plupart des applications s'appuyant sur des combustibles fossiles. L'énergie éolienne a fait la preuve de sa compétitivité par rapport aux systèmes photovoltaïque, aux systèmes de production d'énergie issue de la biomasse et aux groupes électrogènes diesel (voir ci-dessus). Elle est cependant plus onéreuse que les systèmes de micro-hydraulique. Si les turbines éoliennes sont plus chères que les groupes électrogènes diesel, elles présentent cependant plus d'avantages pour les utilisateurs car elles n'impliquent pas, contrairement aux groupes électrogènes diesel, de coûts de fonctionnement et de maintenance élevés (notamment en ce qui concerne le combustible et les pièces). En Afrique, on dénombre très peu de turbines éoliennes destinées à la production d'électricité (à l'exception du projet «Alizés» financé par le FEM en Mauritanie). Dans des conditions favorables, l'énergie éolienne est économiquement compétitive par rapport aux sources classiques de production d'énergie électrique.

49. Au cours des 20 dernières années, le coût de l'électricité produite par des systèmes éoliens conçus pour assurer les services essentiels a chuté de plus de 80%. Lorsque, au début des années 80, les premières turbines destinées à la production d'énergie pour les services essentiels ont été installées aux Etats-Unis, l'électricité éolienne ne coûtait pas moins de 30 cents/kWh. De nos jours, les centrales éoliennes de la dernière génération produisent de l'énergie électrique à moins de cinq cents/kWh dans de nombreuses régions des Etats-Unis, ce qui est compétitif par rapport à de nombreuses sources d'énergie classiques. Les applications les plus économiques des turbines éoliennes sont celles qui utilisent des groupes de grosses machines (660 kW/h et plus) appelées «parcs d'éoliennes», à l'exemple des huit parcs d'une puissance de 660 kW/h installés à Al-Koudia (Maroc). Plusieurs parcs d'éoliennes doivent être installés prochainement en Egypte et au Maroc.

IV.6 Les systèmes hybrides de production d'énergie électrique

50. Les systèmes hybrides de production renouvelable d'énergie utilisent deux ou plusieurs technologies de production d'électricité, le plus souvent des panneaux solaires et des turbines éoliennes. L'énergie éolienne a pour avantage essentiel d'être plus fiable quand elle est couplée à des systèmes d'énergie solaire. De plus, il est possible de réduire le volume du stockage en batteries puisque, dans ce cas, on n'aura pas à s'appuyer sur une seule technologie de production d'électricité. Dans la plupart des cas, les systèmes hybrides de production renouvelable d'énergie électrique s'appuient sur l'utilisation combinée d'un groupe électrogène diesel et d'un sous-système à batteries inversées englobant des sources d'énergie renouvelable (solaire, éolienne, hydraulique). L'association de systèmes solaire, éolien et hydraulique et d'un groupe électrogène diesel procure des économies exceptionnelles en carburant pour diesel tout en garantissant une fourniture fiable et à moindre coût d'électricité à des structures isolées ou à des collectivités rurales.

V. Mettre les technologies des énergies renouvelables (TER) au service des pauvres

V.1 Assurer une meilleure alimentation en énergie: grimper dans «l'échelle des énergies»

51. L'échelle des énergies est un concept couramment utilisé dans les études sur l'énergie à usage domestique. Selon ce concept, l'augmentation des revenus et la possibilité d'utiliser de meilleures technologies conduisent les individus à se passer de l'utilisation des combustibles issus de la biomasse et des fours à cuisson peu efficaces et à adopter des vecteurs d'énergie modernes et des technologies plus commodes et plus efficaces qui offrent des services utiles. Cela revient à dire que les individus grimpent dans l'échelle des énergies en même temps que leurs revenus augmentent.

52. Les nombreuses tentatives menées auparavant dans le but de répondre aux besoins en énergie des pauvres ont été concentrées sur les besoins domestiques de ceux-ci, tels que la cuisson des aliments et l'éclairage. On a souvent fait référence à cela par l'emploi de l'expression «*utilisation à des fins de consommation*», même si l'éclairage permet d'entreprendre des activités génératrices de revenu (travail productif) et la cuisson des aliments peut concerner la transformation d'aliments destinés à la vente. Cependant, les possibilités les plus viables financièrement de faire bénéficier les collectivités rurales d'une fourniture d'électricité décentralisée sont probablement celles qui génèrent de l'énergie mécanique ou de l'énergie électrique pour une entreprise productive («*utilisation à des fins de production*»).

53. Les technologies des énergies renouvelables qui peuvent répondre aux besoins domestiques de cuisson des aliments sont les cuisinières de conception améliorée, les cuisinières solaires et le biogaz. Le gaz de gazogène est certainement un combustible propre pour la cuisson des aliments, mais son utilisation a très peu été encouragée dans la plupart des pays de l'Afrique subsaharienne. D'un autre côté, des programmes pour la promotion et la diffusion de cuisinières de conception améliorée ont été lancés dans ces pays au cours des années 80 avec, cependant, des résultats mitigés. Si les cuisinières améliorées à charbon de bois destinées aux ménages vivant en milieu urbain, telle la *Jiko* kényenne, la *Mirth* éthiopienne, la *Rondereza* rwandaise et la *Mai Sauki* malienne, ont été bien accueillies, il n'en reste pas moins que les efforts entrepris en vue de diffuser des cuisinières de conception améliorée destinées à brûler la biomasse non traitée, ont, quelque peu, échoué.

54. Le biogaz est le seul vecteur d'énergie moderne issue de la biomasse et destiné à des applications domestiques que l'on connaît bien. Les expériences menées en vue de promouvoir la technologie du biogaz à petite échelle n'ont pas encore donné les résultats attendus pour des raisons qui tiennent en partie à leur coût élevé et au manque de matières premières (fumier organique et eau) nécessaires au digesteur de lisiers. On estime qu'un digesteur de taille familiale nécessiterait un investissement de 300 à 500 dollars. et deux vaches au minimum.

55. Les ménages vivant en milieu rural ont aussi besoin de sources d'énergie moderne pour l'éclairage. Comme nous l'avons précisé ci-dessus, la promotion dans l'échelle des énergies revient, en ce qui concerne l'éclairage, à passer de l'huile d'éclairage au pétrole lampant, puis à l'éclairage électrique. Le biogaz peut assurer un éclairage de meilleure qualité que celui du pétrole lampant, mais l'électricité est largement privilégiée car elle contribue à l'amélioration de la qualité de la vie puisqu'elle fournit de l'énergie à la fois pour l'éclairage et pour le fonctionnement des postes de radio et de télévision. Compte tenu de la quantité modeste d'énergie électrique qu'elle exige, la technologie des énergies renouvelables (TER) la plus indiquée pour répondre aux besoins des ménages est la technologie solaire photovoltaïque appliquée aux systèmes de production d'énergie pour les ménages (SHS).

56. Bien que les systèmes solaires photovoltaïques aient été encouragés dans presque tous les pays africains, leur utilisation à une large échelle demeure limitée à cause du coût élevé de la mise de fonds initiale. Le Kenya est cependant un bon exemple de réussite dans ce domaine comme le montre l'encadré 3 ci-dessous.

Encadré 3: Mise en place de systèmes photovoltaïques destinés aux ménages kényens

L'industrie photovoltaïque kényenne propose d'un modèle d'électrification rurale durable non relié au réseau, à caractère commercial et basé sur l'énergie solaire photovoltaïque que les autres pays d'Afrique subsaharienne seraient bien avisés d'étudier de près. On estime que depuis le début des années 90, on a mis en place près de 200 000 systèmes de production d'énergie solaire pour les ménages, soit une capacité installée totalisant plus de 3,5 MWp (mégawatts), même si ces systèmes sont, en majorité, de très petite dimension. Depuis la fin des années 90, les ventes annuelles de modules solaires ont toujours dépassé le nombre de 20 000, ce qui correspond à un marché annuel de six millions de dollars.

Au Kenya, le marché des systèmes photovoltaïques est passé par trois étapes. Au cours de la première étape, des précurseurs de l'innovation, qui étaient des personnes appartenant à la classe moyenne supérieure et des ONG travaillant dans des lieux non reliés au réseau électrique ont installé des systèmes photovoltaïques complets (généralement d'une puissance de 40 à 100 Wp avec une batterie pour fournir l'énergie nécessaire à cinq à dix ampoules et une télévision en noir et blanc). C'est ainsi que la demande pour cette technologie a commencé à croître. La deuxième étape a vu un grand nombre de personnes vivant en zone rurale acheter de petits panneaux photovoltaïques (12 Wp) coûtant moins de 50 dollars E.-U. (2001) et des batteries destinées essentiellement à l'alimentation de postes de télévision. Au cours de la troisième étape, des agences de location-vente et de financement ont pénétré le marché, permettant ainsi aux familles rurales à faible revenu d'acheter des systèmes à crédit.

Aujourd'hui, l'industrie photovoltaïque du Kenya compte un nombre de plus en plus important d'acteurs, y compris des importateurs (10 à 12 entreprises, dont le chiffre d'affaires dépasse souvent 500 000 dollars), des détaillants, des fabricants, des installateurs, des stations de chargement de batteries et des vendeurs d'appareils ménager d'énergie électrique pour faire fonctionner leurs postes de télévision ou de radio, l'éclairage et la chaîne stéréo. Celles qui font acquisition de systèmes photovoltaïques, en majorité de classe moyenne, ont peu d'espoir d'être un jour reliées au réseau électrique et cherchent, à améliorer les performances des batteries au plomb de 12V qu'elles utilisent couramment.

En conclusion, il y a lieu de souligner que même s'il a été possible, grâce au secteur privé kényen, de fournir des systèmes solaires domestiques à bas prix, faisant de l'industrie photovoltaïque de ce pays un modèle pour les programmes d'électrification rurale hors réseau à caractère commercial, il n'en demeure pas moins que de nombreux obstacles, liés au marché, n'ont pas permis de mettre ces systèmes à la disposition des pauvres des zones rurales.

Source: Energy Services for the World's Poor: A World Bank Report; Mark Hankins (2001)s.

57. Les plus pauvres, qui ne peuvent se permettre de payer pour bénéficier de l'énergie électrique et qui s'appuient sur des sources d'énergie gratuites, peuvent tirer indirectement parti de l'énergie électrique fournie à la collectivité. Ainsi, l'électricité fournie, de façon rentable, à des communautés vivant dans des zones reculées permet d'alimenter des écoles, des hôpitaux, des marchés etc. L'ensemble de la communauté en bénéficie, y compris les pauvres qui ne peuvent assumer le coût de l'installation de tels systèmes pour un usage domestique.

58. L'amélioration de l'accès des communautés aux services énergétiques peut ainsi bénéficier aux pauvres des zones rurales grâce à l'amélioration des services sociaux qu'elle implique (soins de santé, éducation, fourniture d'eau potable et éclairage public). La fourniture de services énergétiques à l'échelle des communautés pour ces divers services, mais aussi pour le développement de la micro-entreprise et de l'agriculture, est assurée par le biais de l'électricité issue de l'énergie solaire, des mini-réseaux alimentés par des systèmes énergétiques s'appuyant sur les technologies des énergies renouvelables, des systèmes de gazéification de la biomasse et des éoliennes pour le pompage de l'eau destinée à l'irrigation, etc.

V.2 Faciliter l'accès à des services énergétiques améliorés grâce aux technologies des énergies renouvelables

59. Il existe un grand nombre de technologies des énergies renouvelables permettant d'apporter aux populations rurales des services énergétiques modernes en complément des efforts portant sur l'extension des réseaux électriques. Ces systèmes n'ont pas encore gagné une large adhésion du public et divers obstacles empêchent de les diffuser plus largement dans les communautés rurales de l'Afrique subsaharienne. Il s'agit d'obstacles à caractère institutionnel, technique et financier.

V.2.1 Suppression de l'obstacle du coût initial grâce à des mécanismes de financement novateurs

60. La plupart des systèmes exploitant les énergies renouvelables (TER) ont des coûts initiaux supérieurs à ceux de leurs équivalents traditionnels même si, à long terme, leur coût peut être très inférieur. C'est un obstacle considérable car les personnes vivant dans la pauvreté pensent en termes de coût initial plutôt que d'envisager des solutions à long terme qui, en fin de compte, feraient baisser le prix de l'énergie et améliorerait les services de fourniture d'énergie. Par conséquent, pour mettre les coûts à la portée d'une population à faible revenu, il est nécessaire d'étaler les coûts initiaux élevés des technologies permettant d'exploiter les énergies renouvelables sur une période de temps raisonnable tout en mettant en place des mécanismes de financement novateurs à l'intention des pauvres.

61. Il serait possible de rendre plus abordables les systèmes permettant d'exploiter les énergies renouvelables en améliorant l'accès au microcrédit. Il faut, à cet égard, concevoir des petits prêts adaptés aux emprunteurs ayant des capacités de paiement limitées. Le microcrédit est un moyen efficace d'assurer, pour les ménages et les petites entreprises, l'accès au capital par le biais de prêts assortis en général de plans de remboursement souples,

de barèmes de frais qui cadrent avec le revenu des clients et de délais de remboursement des prêts plus long. A cet égard, l'accès aux fonds doit être assuré non seulement pour les utilisateurs finals, mais également, tout au long de la chaîne des services, pour les organisations qui aident à fabriquer, installer et entretenir les services de fourniture d'énergie.

62. Un certain nombre de modèles de microcrédit sont adaptés à ce contexte. Il s'agit notamment de :

- Crédit des fournisseurs : Un fournisseur d'énergie renouvelable peut trouver avantageux d'accorder un financement à un utilisateur final pour accroître ses possibilités de vente. Il peut financer ce programme de prêt avec des crédits de fournisseur ou un fonds de crédit autorenouvelable spécialement capitalisé par un tiers, en général une banque.
- Crédit-bail/vente à crédit : Le crédit-bail, ou la vente à crédit, est une forme courante de microcrédit. Dans ce cadre, le système permettant d'exploiter les énergies renouvelables reste la propriété du bailleur jusqu'à ce que le coût total du système soit remboursé. Le bailleur peut être une institution de microfinancement, une organisation non gouvernementale (ONG), un fournisseur d'équipement d'énergie renouvelable, un service public ou une coopérative. Le crédit-bail encourage le bailleur à entretenir le système pendant que le client rembourse le crédit. Ce modèle a donné de bons résultats au Kenya où il a été introduit pour fournir de l'énergie photovoltaïque pour les ménages.
- Services facturés des sociétés de services énergétiques : Les sociétés de services énergétiques fournissent de l'énergie et non de l'équipement. De façon générale, elles ont plutôt recours à des technologies décentralisées d'exploitation des énergies renouvelables, c'est à dire à des systèmes installés sur l'emplacement de l'utilisation finale. Les sociétés de services énergétiques peuvent être des sociétés privées, des coopératives, des entreprises publiques ou des ONG. Elles conservent indéfiniment la propriété du système d'exploitation des énergies renouvelables et se chargent de toutes les tâches d'entretien, de réparation et de remplacement. L'utilisateur final paie la société de services énergétiques sur la base d'un tarif fixé pour les services. Ce modèle a été introduit en Zambie pour la production d'énergie photovoltaïque pour les ménages.
- Services facturés fournis dans le cadre de concessions : Les concessions sont un nouveau moyen d'introduire les systèmes exploitant les énergies renouvelables dans les zones rurales. Elles font appel essentiellement au capital du secteur privé et permettent de réaliser des économies d'échelle et de compenser les coûts de transactions liés à l'achat de systèmes unitaires. Le programme d'électrification photovoltaïque rurale hors réseau d'Afrique du Sud a fait appel à cette solution.

63. Les coûts de transactions figurent également parmi les principaux obstacles à l'accessibilité des systèmes d'exploitation des énergies renouvelables car ils augmentent le prix des systèmes à tous les maillons de la chaîne. La mise en place de dispositifs de

fourniture d'énergie renouvelable entraîne des coûts élevés, notamment en termes de technologie, de financement, de développement communautaire et de gestion. La réduction des coûts de transactions abaissera le prix du système énergétique pour l'utilisateur final, élargira le marché et accroîtra l'impact du programme. Les institutions de microfinancement peuvent faire baisser les coûts de transaction et générer des économies d'échelle en simplifiant les transactions et en externalisant les coûts⁶.

64. Bien des gouvernements ont accordé des subventions pour faciliter l'accès des consommateurs à faible revenu aux services énergétiques. Les ménages à faible revenu des zones rurales ne peuvent accéder aux services énergétiques reposant sur les énergies renouvelables que si des politiques et des subventions ciblées les visent expressément. A cet égard, les gouvernements doivent accorder des subventions bien ciblées, dites «subventions intelligentes». Les subventions intelligentes ont les qualités suivantes : i) elles sont bien ciblées; ii) elles appuient les options les moins coûteuses; iii) elles encouragent la participation commerciale du secteur privé; iv) elles visent les coûts initiaux. Le programme d'énergie pour la transformation des zones rurales de l'Ouganda parrainé par la Banque mondiale offre un bon exemple de subvention intelligente.

V.2.2 Amélioration des cadres institutionnels

65. L'expérience des pays d'Afrique subsaharienne montre que l'introduction et le succès de toute technologie d'énergie renouvelable dépend, dans une large mesure, des politiques et stratégies énergétiques mises en œuvre par les gouvernements. Etant donné que le choix de la technologie est basé sur l'information que les utilisateurs ruraux ont sur l'état de l'électrification dans leur localité, les gouvernements doivent formuler des directives précises concernant ces plans afin d'appuyer les marchés des diverses options de fourniture d'énergie basée sur les TER.

66. Dans la plupart des pays, les marchés sont faussés par des programmes d'aide qui fournissent des technologies d'exploitation de l'énergie renouvelable à des prix subventionnés. Ces programmes peuvent fragiliser les opérateurs locaux qui fournissent les services aux prix du marché. En outre, le cadre réglementaire en place est souvent le principal obstacle à une exploitation généralisée des énergies renouvelables, particulièrement en ce qui concerne la fourniture d'énergie traditionnelle. Les taxes et les subventions appliquées à l'importation des composants des technologies d'exploitation de l'énergie renouvelable affaiblissent souvent les marchés. Il est par conséquent nécessaire de créer un environnement propice qui aide à mobiliser les ressources et encourage la participation du secteur privé à l'application et à la diffusion des technologies les plus prometteuses.

67. En ce qui concerne les mécanismes institutionnels, les gouvernements peuvent jouer un rôle majeur dans le renforcement de l'efficacité des services publics et dans la réduction des prélèvements sur les fonds publics, notamment par la restructuration de la production nationale d'énergie et l'amélioration des modalités de sa réglementation. La de réglementation de l'énergie renouvelable doit appuyer les producteurs indépendants, leur

⁶ Stratégies d'énergies durables: Documents pour les décideurs – Chapitre 7 : Financement de l'énergie durable, un rapport du PNUD (2000).

fournir des incitations et stabiliser les tarifs à long terme des producteurs privés. Toutefois, les responsables des réglementations ne semblant guère, jusqu'à présent, avoir consacré suffisamment d'attention à la fourniture de l'accès aux pauvres, il faudra absolument renforcer leurs capacités.

V.2.3 Surmonter les obstacles techniques

68. De nombreux projets ont échoué car il n'existait pas, au niveau local, les compétences et les connaissances nécessaires pour choisir une technologie correspondant aux besoins des pauvres et pour entretenir le système. Il importe également que les pauvres aient accès à l'information. Ils doivent en effet savoir quelles sont leurs options énergétiques et comment les mettre en œuvre pour choisir les services énergétiques qui leur conviennent le mieux. Des agents locaux doivent être formés à l'installation, à l'exploitation et à l'entretien des systèmes pour assurer leur bon fonctionnement.

69. Le choix des technologies d'exploitation de l'énergie renouvelable à diffuser et à développer en Afrique subsaharienne devra donc tenir compte des connaissances techniques et des industries locales. Les technologies qui peuvent améliorer les méthodes existantes et s'appuyer sur des industries déjà en place ont des chances d'être diffusées avec succès. Certains systèmes tels que les pompes éoliennes, les petites centrales hydroélectriques, les cuisinières améliorées peuvent être fabriqués localement et mis en place avec les connaissances et les compétences locales, créant ainsi des emplois et des entreprises. Ces technologies sont durables et autonomes à long terme.

V.2.4. Stratégie pour promouvoir l'exploitation des énergies renouvelables dans les communautés rurales pauvres

70. Une nouvelle stratégie pour faciliter l'accès à des services d'exploitation des énergies renouvelables dans les zones rurales⁷ consiste à :

- i) *Exploiter toute la gamme des «services énergétiques»* et ne pas se cantonner à une seule option technique, telle que les systèmes photovoltaïques;
- ii) *Utiliser des intermédiaires* qui ont les compétences, techniques notamment, permettant d'identifier et d'appuyer les fournisseurs locaux de services énergétiques;
- iii) *Utiliser diverses catégories de fournisseurs de services* en associant divers fournisseurs, notamment les ONG, les collectivités locales, les groupes communautaires, les petites entreprises et les micro-entreprises;
- iv) *Fournir différentes catégories de services* afin que des consommateurs très différents puissent recevoir un service qu'ils peuvent payer ;

⁷ Andrew Barnett, *Innovating to deliver modern energy services to poor communities in developing countries: a background paper* (version 2001).

- v) *Compléter l'assistance financière par un appui technique et en matière de gestion* car l'expérience des dernières années a montré que, pour donner des résultats, l'appui aux petites entreprises et aux micro-entreprises devait aller au delà de l'octroi de crédit ;
- vi) *Utiliser des instruments financiers variés*, notamment les prêts, les garanties partielles, les fonds autorenouvelables, le crédit-bail pour l'équipement et « les garanties de groupe » telles que celles accordées par les groupes de femmes.

VI. Conclusion

71. Pour les personnes vivant dans la pauvreté, la priorité absolue est de satisfaire les besoins fondamentaux de l'être humain, à savoir l'accès à l'alimentation, à l'habitat, à l'approvisionnement en eau et à la salubrité et autres services qui amélioreront leur niveau de vie tels que les soins de santé, l'éducation et un meilleur service des transports. Mais il est généralement reconnu que même si l'énergie n'est pas un besoin fondamental, elle s'impose comme une contribution essentielle à la satisfaction des besoins fondamentaux de l'être humain. La satisfaction des besoins fondamentaux et la lutte contre la pauvreté ne peuvent pas se réaliser sans l'amélioration de l'accès à de meilleurs services de fourniture d'énergie.

72. L'accès à des services énergétiques modernes peut contribuer directement à la réduction de la pauvreté (i) en améliorant la qualité de vie grâce à un meilleur éclairage, à l'accès à des combustibles de cuisson plus propres et à l'eau potable, notamment; ii) en améliorant la fourniture effective de services sociaux, en assurant un chauffage fiable, l'éclairage, la réfrigération des vaccins et des médicaments, la stérilisation de l'équipement des centres de santé et en permettant d'éclairer les écoles et, partant, d'étudier la nuit et d'améliorer les perspectives d'emplois des élèves. L'accès à des services énergétiques modernes peut également contribuer à la réduction de la pauvreté en améliorant la productivité et en permettant la génération de revenus grâce au développement agricole (irrigation, transformation des produits agricoles, conservation et transport au marché) et par l'emploi non agricole, notamment dans les micro-entreprises.

73. L'accès à des services énergétiques abordables et fiables peut également jouer un rôle crucial dans la réalisation des objectifs de développement du Millénaire. L'objectif consistant à réduire la pauvreté de moitié d'ici 2015 ne sera atteint que si des services énergétiques abordables et fiables sont disponibles pour accroître la production, les revenus et améliorer l'éducation. Réduire de moitié le nombre de personnes souffrant de la faim nécessitera une alimentation adéquate en énergie pour augmenter la production alimentaire sur toute la chaîne alimentaire. L'amélioration de l'accès à l'eau potable nécessitera une alimentation adéquate en énergie pour pomper l'eau et la faire bouillir. L'égalité entre les sexes dans l'éducation ne sera pas réalisée tant que les fillettes seront retirées de l'école pour collecter des combustibles traditionnels de la biomasse et assurer ainsi la subsistance de la famille.

74. Les technologies d'exploitation des énergies renouvelables peuvent contribuer à élargir l'accès aux services énergétiques pour les pauvres vivant dans les zones rurales d'Afrique subsaharienne. Diverses technologies permettent de convertir la biomasse en

vecteurs d'énergie plus commodes tels que les combustibles gazeux et liquides, la chaleur transformée, l'énergie mécanique ou l'électricité, qui peuvent être utilisés dans des appareils de conversion efficaces (cuisinières, lampes électriques, moteurs, réfrigérateurs, etc.) pour fournir de l'énergie. Les sources d'énergies renouvelables (biomasse, énergie solaire, énergie éolienne et petites centrales hydroélectriques) peuvent être converties sous la forme d'énergie la plus adaptable, à savoir l'électricité.

75. Les systèmes d'exploitation des énergies renouvelables peuvent contribuer à améliorer les services énergétiques fournis aux pauvres des zones rurales et à réduire la pauvreté en Afrique subsaharienne. Leur diffusion généralisée se heurte toutefois à de solides obstacles institutionnels, techniques et financiers qui doivent être levés pour améliorer leur contribution à la lutte contre la pauvreté. Il faudra avant tout, et c'est particulièrement difficile, supprimer le coût initial élevé des systèmes d'exploitation des énergies renouvelables. Il faudra pour cela mettre en place des mécanismes de financement novateurs, tels que le microcrédit, qui permet aux ménages et aux petites entreprises d'avoir accès au capital par le biais de prêts prévoyant en général des plans de remboursement souples, des barèmes correspondant aux revenus des clients et des délais de remboursement plus longs.

Références et bibliographie

Barnett A., 2000; Energy and the Fight against Poverty

Barnett A., 2001: Innovating to deliver modern energy services to poor communities in developing countries: A Background Paper

Biswat W. K. et al, 2001; Model for empowering rural poor through renewable energy technologies in Bangladesh

DFID, 2002: Energy for the Poor: Underpinning the Millennium Development Goals

DFID, 2003: The Gender-Energy-Poverty Nexus: Finding the energy to address gender concerns to development by Joy S. Clancy, Margaret Skutsch and Simon Batchelor

Greenpeace, 2001: Power to tackle poverty: Getting renewable energy to the world's poor

GTZ-Gate, 2001: Solar Drying Technology for Food Preservation

Hankins M., 2001: The Kenyan PV Experience

IEA, 2002: World Energy Outlook 2002: Energy and Poverty

Karekezi S. et al, 2003; Renewable Energy in Africa: Limits and Prospects

Karekezi S. et al, 2000; Renewable Energy Technologies in Africa

Karekezi S. et al, 1996: Renewable energy technologies as an option for low-carbon energy future for developing countries: case examples from Eastern and Southern Africa

Lok-Dessallien R. : Review of Poverty: Concepts and Indicators

UNDP, 1998: Human Development Report 1997: Human Development to Eradicate Poverty

UNDP, 2000: Sustainable Energy Strategies: Materials for Decision-Makers, 2000

UNDP, 2001: Choices for the Poor: Lessons from national poverty strategies

UNDP, 2001: Choices for the Poor – Part 1: Policy Issues: Analysis of Poverty

WEA, 2000: World Assessment Report: Energy and the Challenge of Sustainability

WEA, 2000: World Assessment Report – Chapter 7: Renewable energy technologies

WEA, 2000: World Assessment Report – Chapter 10: Rural energy in developing countries

WEC/FAO, 1999: The Challenge of Rural Energy Poverty in Developing Countries

World Bank, 2001: World Development Report 2000/2001: Attacking Poverty