



NATIONS UNIES

CONSEIL ECONOMIQUE ET SOCIAL



Distr.: LIMITEE

E/ECA/UNCTC/83
15 septembre 1992

Original : FRANCAIS

COMMISSION ECONOMIQUE POUR L'AFRIQUE

**TRANSFERT ET DEVELOPPEMENT DE NOUVELLES
TECHNOLOGIES EN AFRIQUE**

-cas des énergies renouvelables au Burundi-*

* Les opinions exprimées dans cette étude sont celles de l'auteur et ne reflètent pas nécessairement celles de la Commission économique pour l'Afrique.

TABLE DES MATIERES

	Page
INTRODUCTION	3
CHAPITRE I LA POLITIQUE DU BURUNDI EN MATIERE DE TECHNOLOGIE	3
A. Le cadre institutionnel	3
B. Les mécanismes d'appui	6
CHAPITRE II LA SITUATION DU SECTEUR ENERGETIQUE AU BURUNDI	7
A. Les besoins énergétiques	7
B. Les ressources énergétiques du Burundi	9
1. Les produits pétroliers	9
2. Les ressources en énergie hydroélectrique	9
3. Les ressources en bois de feu	10
4. Les résidus agricoles et les déchets animaux	11
5. La tourbe	12
6. Le gisement solaire	13
C. La confrontation des besoins et des ressources	13
1. Le bois de feu et le charbon de bois	13
2. L'énergie électrique	14
CHAPITRE III LE DEVELOPPEMENT DE NOUVELLES TECHNOLOGIES LIEES A L'ENERGIE	15
A. Les énergies renouvelables disponibles	15
B. Le développement de la technologie du biogaz au Burundi	16
1. L'intérêt du biogaz	16
2. La composition du biogaz	16
3. Le développement de la technologie du biogaz au Burundi	17
C. L'énergie solaire	20
1. Les systèmes photovoltaïques pour l'éclairage et la réfrigération	20
2. Le séchage solaire	20

D.	La technologie des gazogènes	21
E.	Les foyers améliorés pour les centres urbains	22
F.	Les chauffe-eaux solaires	23
G.	L'énergie éolienne	23
CHAPITRE IV	LA VALORISATION DES ENERGIES NOUVELLES ET RENOUVELABLES AU BURUNDI	23
A.	La valorisation de l'énergie solaire	23
1.	Installations photovoltaïques pour l'éclairage	24
2.	Systèmes photovoltaïques pour la réfrigération	24
3.	Systèmes photovoltaïque pour le pompage solaire de l'eau	24
4.	Systèmes photovoltaïques pour les télécommunications	24
5.	Le chauffage solaire de l'eau	24
6.	La climatisation solaire	25
7.	Le séchage solaire	25
B.	La valorisation de la biomasse comme source d'énergie	25
C.	Le rôle des énergies renouvelables dans le développement énergétique burundais	25
1.	Le développement en qualité	25
2.	Le développement en quantité	25
CONCLUSIONS		26

INTRODUCTION

1. Le développement du secteur énergétique doit être considéré comme domaine prioritaire africain. En effet, l'énergie est le moteur de tout développement économique global, assurant à l'humanité un transfert de biens et de services. Sans énergie, toute prospérité cesserait, le développement économique piétinerait et la survie de toute l'humanité serait handicapée. C'est l'énergie qui fait pousser et qui réfrigère notre nourriture, qui nous réchauffe ou nous refroidit contre le climat, qui pompe l'eau, qui nous permet de nous déplacer à travers le pays et le monde et qui est une partie intégrante de toute sécurité nationale.

2. Mais la majorité des africains n'a pas encore accès à l'énergie propre, malgré le fait que beaucoup de pays africains consacrent d'énormes dépenses à l'importation de produits pétroliers et à la construction de centrales électriques.

3. La croissance démographique, l'urbanisation, l'industrialisation, le développement de l'agriculture exercent une forte pression sur la biomasse et sont la cause de l'accroissement de la demande et de la consommation des combustibles commerciaux importés. La consommation accrue des produits pétroliers et de la biomasse sont à l'origine des graves problèmes de pollution atmosphériques et de santé dans les zones urbaines. Dans beaucoup de pays en développement, le bois est la principale source d'énergie, représentant plus de 90% de la consommation totale d'énergie. Mais le bois de feu est consommé de façon non rationnelle et cela a pour conséquence que la déforestation prend des proportions inquiétantes. Par ailleurs, dans certains pays, une part importante du revenu familial est consacrée à l'achat du bois de feu et du charbon de bois. Ainsi, à Bujumbura, la part du combustible dans les budgets des ménages est de 30%. Il faut donc chercher un palliatif à ces problèmes et l'introduction de technologies relatives aux énergies renouvelables n'est pas à écarter.

4. L'instauration de foyers améliorés est une des solutions adoptées dans certains pays. Pour diminuer la pression sur les ressources en bois de feu, la technologie du biogaz est une alternative valable tandis que le solaire voltaïque peut contribuer à réduire l'importation des produits pétroliers pour l'éclairage et la réfrigération. L'installation de micro-centrales hydroélectriques là où les ressources en eaux sont suffisantes peut améliorer sensiblement les conditions de vie et réduire la dépendance extérieure en énergie.

CHAPITRE I

LA POLITIQUE DU BURUNDI EN MATIERE DE TECHNOLOGIE

A. Le cadre institutionnel

5. Les activités en matière de technologie relatives aux énergies renouvelables au Burundi sont menées dans le cadre de certains départements ministériels, à l'Université du Burundi, dans certains projets de développement et dans les organismes à caractère régional ou international.

Les institutions qui ont été impliquées dans les activités et les recherches technologiques relatives aux énergies renouvelables sont les suivantes:

- La Direction générale de l'Energie du Ministère de l'Energie et Mines qui a sous sa direction le Département de l'énergie, le CEBEA 1/ et le Programme Spécial Energie (PSE) soutenu par la coopération allemande (GATE/GTZ) 2/ et au sein duquel on a trois programmes P1 (Appui à la Direction générale de l'énergie), P2 (Bureau de planification énergétique régionale de Gitega et P3 (Projet Biogaz Cankuzo soutenu par la coopération allemande (GATE/GTZ).
- La Direction générale de l'hydraulique et de l'énergie rurale au sein du Ministère du développement rural: Direction des Energies rurales.
- Les organismes à caractère régional ou international:
 - . l'EGL 3/, organe spécialisé de la CEPGL 4/;
 - . le CRAES 5/
- L'Université du Burundi: le CRUEA 6/ à la Faculté des Sciences, la Faculté des Sciences Appliquées et l'Institut technique supérieur.
- Le projet DUB (Développement urbain de Bujumbura).
- Le département des forêts au sein du Ministère de l'environnement et de la protection de la nature.

6. La coordination de toutes ces unités est loin d'être effective, ce qui rend difficile la circulation de l'information scientifique et technologique, et qui fait qu'il y a une certaine dispersion des efforts et des ressources matérielles et humaines lors de l'application des résultats de recherche. Mais il faut signaler qu'il existe une Commission nationale de l'eau et de l'énergie

1/ Centre d'études burundais en énergies alternatives.

2/ GATE/GTZ = Deutsches Zentrum für Entwicklungstechnologie/Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit.

3/ EGL = Electricité des Grands Lacs.

4/ Communauté économique des Pays des Grands Lacs.

5/ CRAES = Centre Régional Africain d'Energie solaire.

6/ CRUEA = Centre de recherche universitaire sur l'utilisation des énergies alternatives.

et un organe chargé de la supervision et de la coordination de la politique scientifique et technologique au Burundi, à savoir la Direction générale de l'enseignement supérieur et de la Recherche scientifique dont dépendent les départements de l'enseignement supérieur scientifique. Le département de la recherche scientifique, créée en 1983, a été chargé de formuler et de mettre en place une politique scientifique et technologique nationale, de coordonner, de planifier et d'orienter la recherche scientifique au niveau national. Il comprend trois services:

- le service chargé de l'inventaire du potentiel scientifique chargé d'évaluer et de mettre régulièrement à jour les données du potentiel scientifique et technologique national;
- le service chargé de la gestion et de la planification de la recherche chargé de coordonner et de participer à la planification et à l'orientation de la recherche à l'échelon national;
- le service chargé de l'information et de la documentation scientifique et technologique chargé de fournir aux chercheurs l'information nécessaire à la réalisation de leurs travaux de recherche.

7. Les tâches dévolues au Département de la Recherche scientifique sont les suivantes:

- s'occuper de la planification, c'est-à-dire des objectifs de recherche et des services scientifiques et technologiques;
- coordonner le budget consacré à la recherche afin d'éviter le doubles emplois ou les lacunes graves, pour la gestion et la planification des recherches polyvalentes et intersectorielles;
- assurer la coopération internationale en matière scientifique et technologique;
- jouer un rôle d'incitation à la recherche par l'octroi de prix, les facilités de publication, l'assistance à l'implantation des résultats de la recherche, la fourniture d'informations scientifiques et technologiques;
- dépister les sources supplémentaires de financement tant intérieures qu'extérieures et participer à l'élaboration de requêtes pertinentes pour les assistances bilatérales ou multilatérales dans le domaine de la science et de la technologie;
- évaluer les besoins en ressources humaines pour la recherche scientifique et technologique en vue de promouvoir la création des conditions permettant de satisfaire ces besoins;

- procéder à l'inventaire du potentiel scientifique et technologique national humain et infrastructurel de l'activité de recherche;
- créer un centre national d'information et de documentation scientifique et technologique, un centre de vulgarisation scientifique.

8. Pour ce qui est du domaine particulier des énergies renouvelables, c'est la Direction générale de l'énergie au sein du Ministère de l'énergie et mines qui est chargé de la planification et de la coordination. Le CEBEA (Centre d'études burundais en énergie alternatives) est chargé de l'expérimentation relative à l'utilisation de l'énergie solaire et de l'énergie éolienne, de l'installation et du suivi de fonctionnement des installations des systèmes y relatifs pour l'éclairage, la réfrigération et le pompage de l'eau.

B. Les mécanismes d'appui

9. Pour assurer la promotion et la vulgarisation des énergies renouvelables, des recherches appliquées sont menées à l'Université du Burundi. Au sein du Ministère de l'énergie et mines, il a été créé un Département de l'énergie en 1980 et, en 1982, une cellule biogaz et un centre d'études des énergies renouvelables dénommé CEBEA. Ces derniers ont bénéficié de l'aide de la coopération belge (AGCD) 7/, le CEBEA est chargé de l'expérimentation de l'utilisation de l'énergie solaire et de l'énergie éolienne. Il s'occupe de l'installation et du suivi de fonctionnement des systèmes d'éclairage par panneaux photovoltaïques, des frigos solaires, de chauffe-eau solaires industriels, de séchoirs solaires et de pompes éoliennes. La cellule Biogaz, créée dans ce même département, est chargée de l'installation des digesteurs à biogaz à travers le pays. Le Département de l'énergie a été aidé par diverses coopérations bilatérales et multilatérales: l'Allemagne (GTZ), la Belgique (AGCD), la Chine, le Danemark, le Luxembourg, l'AIDR avec l'aide financière du FED, l'EGL, la FAO, l'ACCT. En particulier, sous la Direction générale de l'énergie, un Programme spécial énergie a été mis sur pied avec l'aide de l'Allemagne. Mais la promotion et la vulgarisation des technologies relatives aux énergies renouvelables se heurte à des problèmes, notamment celui du financement des installations et des équipements pour les acquéreurs, l'insuffisance du personnel technique, la concurrence des autres formes d'énergie et les fluctuations des prix du pétrole.

10. Pour assurer une bonne planification et coordination, il a été créé une Commission nationale de l'Eau et de l'énergie présidée par le Ministre de l'énergie et mines (voir Décret no 100/226 du 11 décembre 1986). L'objectif visé est de réduire la dépendance extérieure sur les produits pétroliers importés, à mettre en valeur les ressources nationales disponibles et à diminuer la consommation du bois pour protéger l'environnement. Au niveau du financement, le 4ème plan quinquennal (1983-1987) prévoyait un programme d'investissement de 344,2 million de FBU, soit à peu près 0,03% de tout le secteur énergie et eau pour lequel il était prévu 12.000

7/ AGCD = Administration générale de la coopération au développement.

million de FBU. Le 5ème plan (1988-1992) a prévu de poursuivre les actions entreprises au cours du 4ème plan et a inscrit dans son programme 8/ la tourbe, les gazogènes, le bois de chauffage, l'énergie solaire et éolienne. Le bois étant rare, la recherche des énergies de substitution, notamment le biogaz est encouragée afin de limiter la déforestation et la dégradation des sols.

CHAPITRE II

LA SITUATION DU SECTEUR ENERGETIQUE AU BURUNDI

A. Les besoins énergétiques

11. L'analyse des besoins énergétiques dans les ménages du Burundi est différente selon qu'il s'agit des milieux urbains ou des milieux ruraux.

- (i) En milieu rural où vit près de 90% de la population, les principales sources d'énergie sont le bois et les résidus. Dans certaines localités, il a été introduit des systèmes photovoltaïques pour l'éclairage (deux à trois lampes) et le biogaz pour cuisiner, éclairer les lieux de travail et de séjour, faire marcher des frigos. La consommation de biogaz par jour dans les ménages est en moyenne de l'ordre de 0,7 à 1,5 m³ pour l'éclairage, 0,5 à 3,5 m³ pour la cuisson et 2 m³ pour la réfrigération.
- (ii) Dans les villes et les agglomérations urbaines, les besoins énergétiques sont satisfaits par le charbon de bois, l'électricité, la tourbe, le gaz en bonbonne, le pétrole lampant. La consommation du charbon de bois est d'environ 2 kg par ménage selon l'enquête du Département des forêts et du CURDES.

12. L'électricité intervient pour environ 20% des besoins tandis que le charbon de bois et les autres sources interviennent pour 80%. A Bujumbura, la principale ville du pays qui compte environ 250.00 habitants, 65% des ménages utilisent exclusivement le charbon de bois comme combustible tandis que environ 90% de ménages utilisent ce combustible plus d'autres sources d'énergie.

13. Le bois est la principale source d'énergie en zones rurales où vit la majorité (90%) de la population burundaise. Mais le bois est aussi recherché pour d'autres utilisations. Le bois est utilisé dans les ménages pour la cuisson des aliments et pour le chauffage, et pour différents usages dans les usines à thé, dans les boulangeries, dans les fabriques de briques et de tuiles. La consommation du bois de feu est généralement estimée à 2,31 kg par habitant et par jour dans

8/ République du Burundi: Vème Plan Quinquennal de développement économique et social 1988-1992, pp. 230-231.

la consommation globale. La demande devrait donc être de l'ordre de 12.936 tonnes par jour soit 4.721.640 tonnes par an pour tout le pays. Notons cependant que le bois est aussi utilisé sous forme brute comme bois d'œuvre et bois de service pour fabriquer des objets, des outils, des meubles, pour les constructions et les échafaudages, pour les réparations, etc.. On l'utilise notamment pour construire, fabriquer et réparer: les maisons, les cases, les W.C., les enclos, les clôtures, les manches des houes, des machettes, des serpettes, les chaises, les tables, les meubles, les supports des bananiers, des haricots, etc.. Dans le cadre de la nouvelle politique de logement, le bois est utilisé pour la cuisson des briques et de tuiles. A titre d'exemple le grand four de Cankuzo (près du centre administratif) utilise, en 3 jours, 12 à 15 stères pour cuire 3400 briques ou 3000 tuiles tandis qu'un autre petit four utilise 12 stères pour cuire 800 briques ou 1.500 tuiles. Ce genre de four se généralise et consommera donc une quantité importante non prévue de bois de feu.

14. Les résidus agricoles: La rareté du bois de feu oblige beaucoup de familles à recourir aux résidus agricoles (branchages d'arbres, tige de sorgho, de maïs, de haricots, de petits pois, feuilles de bananiers, herbes, racines d'arbres, etc.). Ces résidus interviennent pour 1 kg par jour environ dans la consommation globale mais il est probable que les gens à faibles revenus utilisent essentiellement les résidus agricoles. La demande globale serait donc proche de 204.400 tonnes par an.

15. Le charbon de bois est utilisé dans les villes et les agglomérations urbaines pour la cuisson des aliments. Sa consommation augmente donc très vite en fonction de la croissance de la population urbaine, qui est d'environ 6% par an. La consommation du charbon de bois dans les milieux urbains est estimée à 1,5 sacs par ménage et par mois soit $35 \text{ kg/sac} \times 1.5 = 52.5 \text{ kg}$ par ménage et par mois. en admettant que 10% de la population du pays vit en milieu urbain et que le nombre de personnes par ménage est de 5 pour une population totale du pays estimée en 1992 à 5.600.000 habitants ($5.600.000 \times 10\% = 560.000$), la consommation du charbon de bois dans les zones urbaines est de l'ordre de $(560.000/5) \times 52.5 \text{ kg} = 5.880.000 \text{ kg}$ de charbon de bois soit $(5.880.000 \text{ kg}) / (35 \text{ kg/sac}) = 168.000$ sacs de charbon par mois ou encore 2.0160.000 sacs de charbon de bois par an. Le charbon de bois est fabriqué notamment à partir des plantations d'eucalyptus ou de conifères selon les méthodes traditionnelles dont le rendement est de l'ordre de 10%. A titre indicatif, les données pour l'année 1984, disponibles au Département des Forêts indiquent que 224.937 tonnes de bois ont produit 23.640 tonnes de charbon de bois, soit un rendement de 10.5%.

B. Les ressources énergétiques du Burundi

16. Les principales ressources énergétiques au Burundi sont: l'hydroélectricité, le bois et le charbon de bois, les résidus agricoles, les déchets industriels et agro-industriels, la tourbe, le biogaz, l'énergie solaire, l'énergie éolienne, l'énergie humaine.

1. Les produits pétroliers

17. Le Burundi importe tous les produits pétroliers qu'il utilise, à savoir: l'essence et le mazout pour les véhicules automobiles, l'avgas pour les avions, le gaz en bombonne pour la cuisine ou l'éclairage.

2. Les ressources en énergie hydroélectrique

18. L'énergie hydroélectrique est générée à partir de cours d'eaux. Le Burundi en est relativement bien pourvu. La grande partie des cours d'eaux et rivières du Burundi prend source dans la Crête Zaïre-Nil située à une altitude moyenne de 2500 mètres. Les eaux sont drainées soit vers l'Ouest (à 800 mètres d'altitude) dans la plaine de la Rusizi ou dans le Lac Tanganika, soit vers le plateau central (à 1500 mètres), offrant ainsi une dénivellation appréciable pour l'exploitation de l'énergie hydro-électrique. Cependant, le débit des cours d'eau n'est pas toujours élevé et n'est pas constant à cause des variations saisonnières.

19. Selon une étude réalisée par un Bureau d'études étranger (LAHMEYER INTERNATIONAL), il existe une possibilité d'aménager 41 centrales hydroélectriques de plus de 1 MW, totalisant une capacité installée de 300 MW et pouvant donner une production annuelle totale de 85 GWH. Parmi celles-ci, celles jugées économiquement exploitables sont aménagées par la REGIDESO puis interconnectées au réseau existant au Burundi et les pays voisins [Zaïre et bientôt la Tanzanie (Rusumo Falls)]. Mais la puissance installée n'était en 1990 que de 32 MW soit moins de 10% du potentiel économiquement exploitable. Notons cependant que le Burundi est alimenté par deux autres centrales situées à l'extérieur du Burundi sur la Ruzizi et d'une capacité de 68,1MW. Il faut noter également que tous les équipements sont importés et que le financement vient aussi de l'étranger.

20. Ce sont surtout les villes et les agglomérations qui sont alimentées en électricité dont l'exploitation est assurée par la REGIDESO (Régie de distribution d'eau et d'électricité). Les centrales exploitées sont celles de: GITEGA (1,275 MW); MURAMVYA (0,85MW); KIRUNDO (0,26 MW); MUGERE (8MW); RWEKURA (18MW); NYEMANGA (2,8MW).

21. La ville de Bujumbura fut alimentée jusqu'en 1981 par la centrale hydroélectrique RUZIZI I installée sur la Rusizi près de Bukavu (en République du Zaïre) par une ligne de 112 Km et de 70 KVA avec une capacité annuelle de 9 MW; elle est maintenant alimentée par les deux centrales de MUGERE (située à 25 km) et de Rwegura (près de KAYANZA). Entre 1976 et 1985 la croissance annuelle de la fourniture d'énergie dans la capitale Bujumbura a été de 25%. Sur cette même période la pointe de puissance horaire a été multipliée par trois à cause de la création de nouvelles industries (COTEBU, VERUNDI, Usine à café, ...) et de nouveaux quartiers résidentiels et au renforcement et à l'extension du réseau dans les différents quartiers. La centrale RUZIZI II d'une puissance de 40 MW alimente les trois pays de la CEPGL. Au cours du Vème Plan, on a procédé au développement de réseaux interconnectés et au remplacement des groupes électrogènes par l'hydroélectricité. C'est ainsi que les trois centrales

MUGERE, RWEGURA, RUZIZI sont déjà interconnectés et que la majorité des provinces sont déjà alimentées en électricité.

3. Les ressources en bois de feu

22. Le bois sec a une valeur calorifique moyenne généralement estimée à 20 GJ par tonne (ou encore 20 KJ par Kg (4776 Kcal/kg). Compte tenu de la petite superficie du Burundi qui n'est que de 27.834 Km², les ressources disponibles en bois sont limitées par l'utilisation des surface disponibles.

23. Les ressources en bois au Burundi sont constituées par les formations naturelles et les savanes arborées, les boisements domaniaux, communaux, communautaires, privés et les boisements des projets forestiers. Compte tenu de la densité élevée de la population, l'agroforesterie constitue une solution de rechange au problème du bois de feu.

i) les formations naturelles comprennent:

- La forêt humide d'altitude: le Parc national de la Kibira et les réserves forestières du Burundi et de Kigwena;
- Les forêts claires du Sud le long de la plaine côtière dans l'Imbo et dans le Moso (Kumoso);
- Les galeries forestières réparties le long des cours d'eau un peu partout dans le pays.

ii) Les boisements artificiels réalisés par l'Etat, les collectivités et les privés comprennent:

- Quelques blocs de boisements industriels installés par les projets: Projet Banque Mondiale -FAC; Projet FED; Programme spécial des travaux publics (PSTP);
- Les peuplements de taille réduite réalisés par les communes et les privés;
- Des plantations d'arbres disséminées ou groupées dans les propriétés agricoles des ménages (boisements individuels privés).

24. Les projets de reboisement visent pour l'an 2000 à couvrir 15 à 20% de la superficie totale du pays soit environ 500.000 ha. Les boisements peuvent produire au minimum 20 m³ de bois par an et au maximum 34 m³ de bois par an. Pour une superficie totale boisée de 217.843 ha, le potentiel de production est: au minimum de 4.3565.860 m³ (6.099.604 stères) de bois = 392.117.400 kg de charbon de bois; et au maximum de 7.406.662 m³ (20.369.326 stères) de bois ou 666.599.580 kg de charbon. Mais il faut rappeler que tout le bois planté n'est

pas utilisé uniquement pour la fabrication du charbon de bois. On peut donc estimer la quantité maximale de charbon produite par an en se basant sur les consommations par ménage en milieu urbain.

25. Le rendement en charbon de bois par les méthodes de carbonisation traditionnelle est en moyenne de 10.5% mais varie selon le type de bois carbonisé. Pour le bois de conifère, on obtient 2.5 sacs de charbon de bois par m³ de bois de conifère, c'est-à-dire que 1 m³ de bois de conifère donne 0,75 m³ de charbon = 87,5 kg de charbon de bois. Avec l'eucalyptus, on obtient 2.8 sacs de charbon de bois par m³, c'est-à-dire que 2 m³ d'eucalyptus donne 98 kg ou 0,7 m³ de charbon. On peut prendre une moyenne de 90 kg de charbon de bois par 1 m³ (soit 1.4 stères) de bois quelconque. Il faut cependant noter que le charbon de bois d'eucalyptus a une valeur calorifique supérieur (4.700 à 4.800 kcal/kg) des autres bois. On calcule à l'aide de ces données, une production minimale de 392.117.400 kg de charbon de bois, soit 11.203.354 sacs de charbon de bois. Dans l'hypothèse d'un rendement maximal de 34 m³ de bois par an et par hectare, la production maximale de charbon de bois est de 666.599.580 kg de charbon, soit 19.045.702 sacs de charbon.

4. Les résidus agricoles et les déchets animaux

26. Les résidus agricoles ont une composition chimique relativement homogène et leur pouvoir calorifique est généralement estimé à 3500 - 4500 Kcal/kg soit 14.650 - 18.800 KJ/KG. Cette variation est due à la teneur des lignines (celle-ci diminue lorsqu'on passe du bois aux plantes herbacées) et à la teneur en cendres (0,5 à 2% pour le bois et 18% pour la paille de riz). On peut mieux valoriser les résidus agricoles par compactage et par densifications. L'estimation des résidus agricoles doit tenir compte du rendement annuel à l'hectare des différentes cultures.

27. Il faut noter cependant que les résidus des brasseries, des industries fruitières et des sucreries et ainsi que celles des différentes nourritures ne sont pas incluses dans ces estimations. Les parches de café et les balles de riz qui représentent 25% de la production en grain ne sont non plus évalués. Il en est de même des tiges de maïs, de riz, de haricots, de sorgho. La valeur calorifique de ces déchets est en moyenne de 20,9 MJ/kg. Une estimation grossière situe la production en déchets agricoles à 200 grammes par habitant et par jour. Ainsi donc, pour une population de l'ordre de 5,6 millions, la quantité des déchets agricoles disponibles est de l'ordre de 408.800 tonnes par an ce qui équivaut à 5.988.920 GJ à 7.685.440 GJ par an.

28. Pour ce qui est des déchets animaux, elles sont fonction de la population animale. A partir de la situation la population animale, on peut estimer que la production de déchets animaux (exclus les excréments humains) est de 19.280 tonnes par jour ce qui peut produire 1.536.000 m³ de biogaz par jour. En admettant que 1 KWH d'électricité est produit à partir de 0,6 m³ de biogaz à 60% de méthane, cette quantité de déchets peut donc produire 9.254.400 KWH par jour. Si l'on y inclue les excréments humains (environ 2.500 tonnes), il faudrait ajouter un supplément de 100.000 m³ de biogaz ce qui donnerait un potentiel énergétique de 600.000 KWH par jour. Les déchets des usines de dépulchage du café, des brasseries et des sucreries ne sont

pas tenus en compte mais peuvent être facilement évalués. Le potentiel de production reste supérieur à 2 million de KWH d'énergie électrique ce qui correspond à une économie de 32 millions de FBU.

5. La tourbe

29. La tourbe est un combustible ligneux qui peut être utilisé dans les besoins énergétiques ménagers et industriels. Après la production manuelle de la tourbe, on s'est orienté vers une exploitation mécanisée qui permet de produire environ 12.000 tonnes par an. Entre 1977 et 1983 la production de tourbe a totalisée 38.207 tonnes de tourbe sèche tandis que pour la période 1983 à 1987 elle est de l'ordre de 541.000 tonnes. Compte tenu de ce que la tourbe dégage beaucoup de fumée, il a été entrepris depuis 1985 une expérimentation de cokéfaction de la tourbe; les expérimentations sont toujours en cours.

30. La tourbe a été découverte en 1954 par Paul Deuse ^{9/}, mais elle n'a commencé à susciter de l'intérêt qu'en 1973, après le premier choc pétrolier. Dès cette époque, des recherches ont été entamées pour l'évaluation des réserves de tourbe dans tout le Burundi. Les réserves prouvées sont de l'ordre de 200 millions de tonnes de tourbe avec une teneur de 30% en humidité et d'une valeur calorifique de proche de 4.500 kilo calories (environ 18.800 kiloJoule) par kilogramme.

31. L'ONATOUR (Office national de la tourbe) a été créé en 1977, comme cadre approprié pour le développement de la tourbe. Cet office est chargé de la prospection, de l'exploitation et de la commercialisation de la tourbe et de tous ses dérivés, en vue de suppléer à l'utilisation du bois comme combustible. La tourbe est également essayé comme engrais. Les réserves prouvées de tourbe au Burundi sont estimées à plus de 40.000.000 de tonnes avec un taux d'humidité de 30%. Ces réserves sont situées au Centre du pays dans le plateau central à Ryansoro (Gitanga), à Matana (Gishubi), à Gisozi (Kuruyange) et au Nord du Burundi dans le bassin de l'Akanyaru, à Ngozi [dans la vallée de Nyamuswaga et de l'Akanyaru (Nyakijima)], dans les vallées de Buyongwe, de Ndurumu et de Kirundo (Nyavyamo).

32. D'autres sites existent mais ne sont pas exploités par l'ONATOUR. Il s'agit notamment des marais de Nyacijima (Ngozi), Gashayura (Muyinga), Mugwe (Bururi), Mukayaza (Muramvya).

33. La production de tourbe était de 17.000 tonnes en 1990. A titre de comparaison, la production de tourbe au Rwanda (tourbe de l'Akanyaru) est de 500 tonnes. Les sites de Gashiru et Kuruyange sont déjà fermées parce qu'elles sont épuisées. Livrée en vrac, sa densité est de 250 à 300 kg/m³ alors qu'après densification, elle est de 300 à 400 kg/m³.

9/ Deuse P. : "Contribution à l'étude des tourbières du Rwanda et du Burundi". IRSAC, 1966.

34. Le pouvoir calorifique (Cv), de la tourbe sèche est compris entre 4600 et 4800 Kcal/kg c'est-à-dire 19.200 et 20.100 KJ/kg. La tourbe humide (30%) a un pouvoir calorifique moyen de 3.300 Kcal/kg c'est-à-dire 13.800 KJ/kg. Cela indique que 1 kg de fuel oil avec un pouvoir calorifique de 9.500 kcal/kg (c'est-à-dire 37.710 KJ/kg) équivaut donc à 3 kg de tourbe. Les réserves prouvées équivalent donc à 20.825.000 tonnes de fuel oil. La teneur en cendres de la tourbe du Burundi est comprise entre 12,2% et 15,2 %. La teneur en soufre est de 0,3 à 0,4%. La tourbe est consommée surtout par les collectivités (casernes militaires, écoles, hôpitaux, prisons), les boulangeries, les briqueteries, les restaurants, les fours à chaux et quelques ménages.

6. Le gisement solaire

35. De par sa position géographique, le Burundi bénéficie d'un ensoleillement relativement important. La puissance solaire reçue sur le territoire Burundais est, en moyenne, de 4 à 5,5 Kwh par m² et par jour. Ainsi donc, pour une bonne journée ensoleillée pendant 10 heures (de 6 heures du matin à 16 heures), la puissance totale moyenne reçue par tout le territoire burundais est estimée à 1.3917 Gwh/jour.

C. La confrontation des besoins et des ressources

1. Le bois de feu et le charbon de bois

36. En milieu rural où vit la majorité de la population (environ 90% de la population totale), les gens utilisent le bois et les divers résidus comme source d'énergie. Ceux-ci sont ramassés et non vendus. En milieu urbain, on consomme le bois de feu et le charbon de bois qui sont commercialisés dans les marchés et les divers lieux de vente. La population des zones urbaines est d'environ 560.000 habitants et la population des zones rurales d'environ 5.000.000 habitants.

37. La consommation moyenne du bois de feu au Burundi, estimée par tête d'habitant et par an à raison de 1 m³, est d'environ 5.600.000 m³ de bois = 504.000.000 kg de charbon de bois = 14.400.000 sacs de charbon de bois. Etant donné que le rendement en bois à l'hectare est de 20 m³ au minimum et de 34 m³ au maximum, une consommation de 5.600.000 m³ de bois revient à déboiser une superficie boisée de 280.000 ha dans le cas d'un rendement moyen de 20 m³ de bois à l'hectare. Cette demande en bois de feu est nettement supérieure à la capacité des 200.000 ha des superficies boisées disponibles au Burundi et celle des formations naturelles (57.784 ha dont 41.748 ha pour les savanes boisées et 15.000 ha pour les galeries forestières) et les boisements des collectivités (91.814 ha), des privés et des projets. Le déficit ne peut donc être comblé que par les divers résidus disponibles localement.

38. Dans les agglomérations urbaines, où la consommation moyenne est de l'ordre de 1.5 sacs de charbon par ménage et par mois (ce qui équivaut à 1.75 kg de charbon de bois par jour et ménage de 5 personnes), on peut estimer la consommation à 168.000 sacs de charbon par mois soit 2.016.000 sacs de charbons par an, ce qui équivaut 70.560 tonnes de charbon de bois. La

production d'une telle quantité de charbon de bois revient à déboiser une superficie boisée de 25.200 ha (cas d'un rendement de 20 m³ par ha) ou de 14.823 ha (cas d'un rendement de 34 m³ par hectare). Cette consommation peut être satisfaite par les boisements existants mais il faut signaler que d'autres sources d'énergie sont disponibles, notamment l'électricité, le gaz. Ainsi donc, la consommation réelle devrait être inférieure à ces valeurs.

39. Les superficies boisées ont un potentiel de 4.000.000 à 7.000.000 de m³ soit 5.600.000 à 9.800.000 stères de bois. Ces valeurs peuvent être comparées aux estimations du Département des forêts basées sur le nombre d'habitants et sur la croissance démographique.

40. La méthode d'estimation de la consommation d'énergie par habitant donne des résultats différents de celle qui est basée sur la consommation par ménage. Si l'on estime à 5 le nombre de personnes par ménage pour une population du Burundi de 5.600.000 et que la consommation est de 1.75 kg de charbon par jour et par ménage, on trouve une consommation moyenne de 705.600.000 tonnes de charbon par an. Pour ce qui est du biogaz, l'expérience a montré que là où les déchets sont disponibles, il peut au moins couvrir 50% des besoins si pas le remplacer entièrement.

2. L'énergie électrique

41. L'électricité est utilisée pour les activités industrielles et ménagères. La demande dépend donc de l'industrialisation et de la croissance démographique. Les besoins industriels sont relativement bien connus mais il n'en est pas de même pour la population, surtout en zones rurales. L'exploitation des nouvelles sources dépend de la capacité d'endettement du Burundi puisque tous les équipements entrant dans la construction des centrales sont importés.

CHAPITRE III

LE DEVELOPPEMENT DE NOUVELLES TECHNOLOGIES LIEES A L'ENERGIE

A. Les énergies renouvelables disponibles

42. Il est généralement admis que les nouvelles technologies ont un potentiel de modifier virtuellement tous les aspects économiques, politiques, sociaux et culturels de la vie tant au niveau national qu'international. On peut considérer les tendances technologiques comme une série de défis lancés à la société au niveau national. Mais ces défis présentent à la fois des aspects positifs et négatifs. En effet, les nouvelles technologies ont à la fois des avantages potentiels offerts par les nouvelles possibilités ainsi que leurs inconvénients. Il existe des domaines technologiques qui, à une époque donnée offrent plus de défis et de difficultés à les atteindre que d'autres. Certaines technologies ont un potentiel de produire un impact révolutionnaire sur la société. C'est le cas par exemple des technologies relatives aux énergies dites nouvelles et renouvelables. Les nouvelles technologies introduites dans les pays en

développement rencontrent souvent les besoins et les objectifs de développement de ces pays et aident à soulager certains problèmes graves de sous-développement.

43. Dans les pays industrialisés, il existe un grand nombre d'études sur la technologie et l'avenir. Par contre, dans les pays en développement, on compte peu d'études systématiques sur l'état des tendances technologiques et leurs conséquences sur le développement. De plus, il y a un déséquilibre entre la recherche consacrée au développement de nouvelles technologies et celle sur la conséquence de cette technologie. Pour beaucoup de sociétés, les changements techniques ne sont pas générés de façon endogène mais sont plutôt importés. Ainsi, les pays qui sont moins bien préparés pour épouser de nouvelles technologies, donc qui sont dans un grand besoin d'un système de secours, sont les plus grands importateurs de technologies.

44. Le Burundi est obligé d'importer les produits pétroliers qu'il consomme: essence super, mazout (diesel), kérosène (essence d'avion), gaz liquéfié. Mais les 90% de la population rurale vit dans des habitats dispersés et dépend essentiellement de l'agriculture et n'a pas accès aux sources d'énergie fossile. Les populations des zones rurales utilisent essentiellement de bois, les résidus agricoles. Compte tenu des problèmes de croissance démographique, il y a donc un risque de manque de bois et d'un déboisement effréné avec les conséquences bien connues de l'érosion des sols, de la désertification et de la faim en vue.

45. Pour faire face à ce problème, le Burundi a déjà instauré une politique qui vise à développer les technologies pertinentes aux énergies renouvelables disponibles localement en vue de suppléer les sources d'énergies importées. Les sources d'énergies disponibles localement susceptibles d'être développées sont: le bois et les résidus agricoles, l'énergie hydroélectrique, l'énergie solaire, la tourbe, le biogaz. Les technologies qui ont été expérimentées au Burundi dans le domaine des énergies renouvelables sont les suivantes: la technologie du biogaz, la carbonisation, les foyers améliorés, le séchage solaire, le photovoltaïque, l'énergie éolienne, la gazéification, la densification.

46. Le Burundi a opté de développer prioritairement les 3 domaines suivants des énergies renouvelables: le biogaz, l'énergie solaire, l'énergie éolienne. Nous nous limiterons donc dans cette étude à ces trois domaines jugés prioritaire par le Burundi. Cependant, parmi toutes les technologies relatives aux énergies renouvelables développées au Burundi, c'est la technologie du biogaz qui a eu le plus de succès et qui occupera donc la plus grande partie de notre étude.

B. Le développement de la technologie du biogaz au Burundi

1. L'intérêt du biogaz

47. La raréfaction du bois de feu et la dégradation des sols sont des problèmes réels au Burundi. La technologie du biogaz est une alternative crédible à ces problèmes, car elle permet de produire, de façon décentralisée, à partir des divers déchets végétaux et animaux, un gaz appelé biogaz, qui est riche en méthane (CH₄) et qui est source d'énergie propre, de grande

valeur calorifique, directement utilisable et efficace pour parer à la raréfaction du bois. Elle constitue aujourd'hui un moyen efficace pour traiter les excréments des animaux domestiques et les fèces humains et donc pour assainir le milieu. Elle assure la conservation du milieu écologique et permet d'assainir le milieu en éliminant des microorganismes pathogènes (les expériences réalisées indiquent qu'on peut éliminer 99% des germes pathogènes); elle assure à l'agriculteur un engrais amélioré bon marché et renouvelable.

2. La composition du biogaz

48. Le biogaz obtenu par fermentation anaérobie de la biomasse en absence de l'air est un mélange gazeux, composé en moyenne de 60 à 80% de méthane (CH_4), le reste étant du dioxyde de carbone plus des traces d'autres gaz, tel que l'hydrogène sulfuré (H_2S), l'hydrogène (H_2), le monoxyde de carbone (CO). Cette bioconversion se déroule dans des cuves appelées **digesteurs**. Les installations à biogaz sont alimentées par divers déchets dilués à l'eau: bouse de vache, excréments de porcs ou de chèvres, fientes de poules, fèces humains, déchets végétaux, etc. Les microbes responsables de la fermentation sont des bactéries travaillant en synergie. Les bactéries produisant le méthane ne peuvent vivre qu'en absence totale d'oxygène. Le substrat qui reste après la fermentation est une bonne fumure organique pour l'amendement des sols.

49. Le biogaz est utilisé pour la cuisson, pour l'alimentation des brûleurs et des moteurs. Il brûle sans fumée en donnant une flamme bleue. Le pouvoir calorifique du biogaz est de 4.700 à 7.600 Kcal/m³ suivant la teneur en méthane. Un mètre cube (1 m³) de biogaz équivaut à 0,5 l de gaz naturel, ou 3,6 kg de bois, ou 1,5 kg de charbon de bois, ou 5 Kwh d'électricité, ou à 0,4 l d'essence, ou à 0,5 l de Mazout, 0,6 l de pétrole. Un m³ de biogaz peut cuire un repas pendant 3 heures ou bien peut alimenter une lampe de 60 Watt pendant 10 heures.

3. Le développement de la technologie du biogaz au Burundi

(a) Historique sur l'introduction du biogaz au Burundi

50. La technologie du biogaz a été introduite au Burundi en 1980. Depuis cette époque, le Burundi a fait une option pour la biométhanisation des déjections animales et des résidus agricoles. C'est ainsi que dans le cadre des différents accords de coopération bilatérale et multilatérale, il a été diffusé diverses technologies du biogaz (type chinois surtout). Les premières installations à biogaz ont été réalisées au Burundi en 1981 par l'AIDR (Association Internationale pour le Développement Rural) sur financement du FED (Fond Européen de Développement); ces installations se sont vite arrêtées à cause d'une mauvaise conception et d'un manque de sensibilisation des utilisateurs. Ultérieurement, d'autres installations ont été réalisées avec l'aide de l'EGL, de la Chine, de la coopération Belge, de la coopération Allemande (GATE/GTZ). Les projets de coopération bilatérale et multilatérale qui ont aidé le Burundi à instaurer la technologie du Biogaz sont notamment de: FAO, AIDR, FED, EGL, l'ACCT, l'Allemagne, la Belgique, la Chine, le Luxembourg.

51. Pour assurer un développement harmonieux de cette technologie, une cellule Biogaz fut créée au sein de la Direction Générale du Ministère de l'Energie et Mines avec le concours de la Coopération belge. Le projet a commencé par installer des digesteurs de laboratoire puis des digesteurs pilotes de 170 litres à 4300 litres. Avec l'aide de l'EGL et de l'ACCT, des digesteurs pilotes de démonstrations ont été construits et installés au terrain du CRUEA dès le mois d'avril 1982. La coopération allemande (GATE/GTZ) est venue s'y ajouter en 1983 avec la création du Projet Biogaz Cankuzo/Gitega. Les recherches, les conférences et les séminaires organisés ont contribué largement à la diffusion, à la popularisation et au développement actuel de cette technologie au Burundi. Il est admis aujourd'hui que la technologie du Biogaz se développe à un bon rythme, du moins si l'on en juge par le nombre des installations déjà réalisées pour les privés et les collectivités (écoles, casernes militaires, prisons, congrégations religieuses). Actuellement, la majorité des provinces du Burundi possèdent une installation de Biogaz pour la cuisson, l'éclairage et la réfrigération.

b) Les modèles de digesteurs développés au Burundi

52. Différents modèles de digesteurs ont été développés au Burundi afin de tester ceux qui sont les mieux adaptés aux conditions locales en fonction du coût, de la robustesse, de la facilité de construction et de la simplicité d'utilisation: le modèle chinois, le modèle Borda, le modèle tunnel, le modèle Gobbar, le modèle Upvansa, le modèle à dôme. Après expérimentation, c'est le modèle à dôme et le modèle dit de Cankuzo (tous les deux sont de type semi-continus) qui ont été retenus pour la diffusion.

c) Le type d'installations à biogaz réalisées au Burundi

53. Les installations à biogaz réalisées actuellement au Burundi sont composées d'une fosse en maçonnerie avec ou sans gazomètre à cloche; celui-ci recouvre le fermenteur et recueille le gaz. Lorsque le digesteur ne comporte pas de gazomètre, il est coiffé d'un dôme sphérique intégré à l'installation. Les volumes de construction varient de 8 à 100 m³. Les digesteurs sont alimentés par la bouse de vache chez les privés, par les fèces humains, les déjections de porcs et la bouse de vache dans les collectivités (dans les écoles, les casernes militaires, les prisons, les congrégations religieuses).

54. En mai 1991, la situation des digesteurs installés au Burundi se présentait comme suit: 152 installations à biogaz pour les privés et 63 pour les collectivités. Le volume total des installations pour les collectivités étaient de 5.226 m³. En mai 1992, le nombre de digesteurs construits au Burundi par divers projets pour les privés et les collectivités était de 243 avec un volume total de 7.961 m³.

d) Production de biogaz et économies réalisées en énergie électrique (KWH) en argent en F.Bu.

55. Chaque m³ de digesteur produit en moyenne 2 à 5 m³ de biogaz par jour contenant 55 % à 65 % de méthane (CH₄) en fonction de la région climatique et du type de substrat. Le biogaz a un pouvoir calorifique de 4.700 à 7.600 kcal/m³ et peut être utilisé pour la cuisson et pour l'alimentation des lampes et des moteurs.

56. On constate qu'en 1990, le biogaz a permis d'économiser l'équivalent de 695.763 kwh d'énergie électrique ^{10/} qui aurait compté 11.132.208 F. Bu. L'équivalent en bois de feu est de 417.458 kg de bois tandis que l'équivalent en charbon de bois est de 173.940 kg d'une valeur de 5.218.222 Fbu. Ce prix est presque la moitié de celui de l'électricité car l'électricité est une énergie propre qui coûte plus cher.

57. En mai 1992, le potentiel de production de biogaz par les installations existantes est de 15.922 à 39.805 m³ par jour contre 317.7 m³ en 1990. Cette production de gaz équivaut à 79.610 KWH à 199.025 KWH par jour ou 29,054 à 72,635 GWH par an. La contre-valeur en Francs Burundais est de 464.922.240 F.BU à 1.162.306.000 F. Bu par an.

58. On peut ajouter que cette estimation n'est que partielle, car la technologie du biogaz n'a pas que des avantages énergétiques. En effet, le résidu de la fermentation, appelé effluent, est un engrais organique de grande valeur qui permet, selon les données du Projet Biogaz Cankuzo/Gitega sur des sols très pauvres, d'augmenter de 30 à 60 % la production de certaines cultures (bananes, petit pois, blé, maïs, etc.). Il faudrait donc ajouter à ces chiffres les équivalents en engrais qu'il faudrait importer et les accroissements observés pour la production vivrière. Par ailleurs, les analyses microbiologiques effectuées à Mwaro notamment ont permis de montrer que les germes pathogènes totaux sont éliminés à plus de 99 %. Il n'existe pas de méthode pour évaluer cet aspect de la biométhanisation sur les coûts sociaux. De même, pour la combustion sans fumée du biogaz, les effets bénéfiques pour la santé ne sont pas estimés.

e) Stratégies de développement de la technologie du biogaz

59. Le développement actuel de la technologie du biogaz n'aurait pas été possible sans l'aide de la coopération bilatérale et internationale. Malheureusement, tous les projets de coopération ont tous déjà pris fin, car le transfert de technologie est déjà réellement effectif dans le domaine du biogaz puisque des scientifiques et des techniciens ont été déjà formés.

60. Le développement de l'installation des digesteurs au Burundi se fait actuellement selon deux stratégies différentes. Dans les collectivités (écoles, camps militaires, prisons, congrégations religieuses, etc.), où il faut construire des grands digesteurs, l'installation est faite par une

10/ Pour la conversion, nous considérons que 1m³ = 6KWH.

société privée (SEDES) avec l'aide du Programme Spécial Energie soutenu par la coopération allemande. Chez les privés où sont installés des petits digesteurs de 8 à 30 m³, on a opté pour une décentralisation: des équipes de techniciens du Ministère de l'Energie sont envoyés dans différentes régions pour construire et former sur le terrain des techniciens qui prendront la relève de ceux de l'administration centrale.

f) Problèmes liés au coût des installations et à leur financement

61. Il n'existe pas de systèmes de financement pour l'acquisition des installations à biogaz. Des facilités de paiement sont accordés à la clientèle du biogaz. Le système actuel de paiement des installations à biogaz est le suivant:

50% à la signature du contrat,
20% après le creusage de la fosse,
20% à la fourniture des accessoires
10% à la fin des travaux.

62. En fonction du coût des matériaux, le coût actuel des digesteurs est 15.000 à 20.000 Fbu par m³ pour les petits digesteurs installés chez les privés et de 20.000 à 25.000 par m³ pour les grands digesteurs installés dans les collectivités. En mai 1992, les coûts de construction des installations étaient les suivants selon le volume de l'installation:

15 m³: 215.565 F.Bu
10 m³: 142.140 F.Bu

63. Bien qu'il existe une clientèle pour l'acquisition des installations à biogaz et qu'il soit prouvé qu'on tire des bénéfices d'une installation à biogaz, on peut affirmer que le système actuel de remboursement ne permet guère à la majorité de se procurer une installation à biogaz. Pour la majorité des clients potentiels, ces coûts sont inaccessible sans système de financement. Aucune institution burundaise ne finance la construction des digesteurs, alors que le bénéfice est réel dès l'acquisition du digesteur et que la durée de vie d'un digesteur est de l'ordre de 50 ans.

C. L'énergie solaire

64. La technologie de l'énergie solaire est peu développée au Burundi et il n'existe pratiquement que des systèmes importés ou dont les pièces sont importées et assemblées sur place.

1. Les systèmes photovoltaïques pour l'éclairage et la réfrigération

65. Actuellement, la technologie du photovoltaïque est assez fiable et les coûts vont en régressant. Tous les systèmes solaires photovoltaïques existant au Burundi sont importés. Aucune technologie de fabrication n'a jamais été essayée à notre avis. Les générateurs

photovoltaïques installés au Burundi sont de faible puissance (la puissance crête est de l'ordre de 33 à 66 Watt-crête). En 1987, les installations photovoltaïques au Burundi étaient environ 280 dont 37 pour les ménages et 136 pour les communautés (hôpitaux, centre de santé, dispensaires, missions, maisons communales, brigades, coopératives, projets divers, sociétés, écoles). L'état de ces systèmes est donné dans le chapitre quatre.

2. Le séchage solaire

66. Il est bien connu au Burundi que 30 à 50% des récoltes sont perdus à cause du mauvais séchage. C'est pour remédier à ces pertes que quelques systèmes de séchage solaire ont été essayé au Burundi depuis 1982 avec l'aide de la coopération, notamment l'USAID et l'ACCT. Nous donnons ici la description du modèle le plus performant qui a été développé pour le séchage du poisson par le responsable du CRUEA à la Faculté des Sciences de l'Université du Burundi avec l'aide de l'ACCT.

67. Le séchoir solaire type serre-combiné réalisé au CRUEA: avec l'appui financier de l'ACCT, un phototype de séchoir serre combiné, destiné au séchage du poisson a été conçu, construit, testé et installé dans quatre zones de pêche au Burundi.

68. Le séchoir associe en un seul élément compact l'insolateur et la cabine de séchage. Un système de stockage de chaleur avec du sable fin peint en noir a été testé. Le système est susceptible d'autodestruction et son prix est relativement modéré. Les tests réalisés montrent que le système peut servir le séchage d'autres produits, tel que le manioc. Par temps ensoleillé, le capteur peut atteindre 80 à 90 °C, alors que par temps couvert il atteint 50°C. Un calcul théorique des caractéristiques du système a été également effectué: calcul du coefficient global V_g des pertes thermiques, du coefficient de correction F_r et du rendement global périodique R_{gp} . Le séchage du Mukeke et du Ndagala a donné les résultats suivants après 3 jours de séchage: perte de poids de 75% pour le Ndagala et perte de poids de 64% pour le Mukeke. Une étude de la qualité des produits séchés a été effectuée en 1989.

D. La technologie des gazogènes

69. Suite au choc pétrolier des années 1970 qui a sérieusement secoué tous les pays importateurs des produits pétroliers, beaucoup de pays ont pris conscience de ce que les résidus agricoles, forestiers et industriels constituaient une richesse économique insoupçonnée et constituaient une source d'énergie renouvelable. La technologie de gazéification de la biomasse constitue une des voies de valorisation de la biomasse en vue de remplacer les produits pétroliers importés en produisant de l'énergie électrique, à petite échelle et de façon décentralisée, pour les activités industrielles. Cette technologie a été recommandée pour les pays en développement qui disposent de la biomasse. C'est dans ce contexte que l'EGL, avec l'aide du FED, a importé de

chez EEE 11/ et installé six gazogènes dont deux au Burundi, deux au Rwanda et deux au Zaïre.

70. Au Burundi, un gazogène (Type III, EEE 65 III A.M.) a été monté et testé sur le terrain du CRUEA en 1983 tandis que l'autre était testé dans l'usine de thé de Tora. Le gazogène installé au CRUEA était du type "downdraft", omnivore pour la biomasse, les déchets agricoles et forestiers (calibre de 1 à 50 mm) avec une capacité de 60 kg/heure. Le gazogène installé à Tora était conçu pour marcher avec la tourbe. Pour diverses raisons qu'on ne peut énumérer ici, ce gazogène a été déplacé à Bujumbura sur le terrain d'essai de l'EGL et du Ministère de l'Energie.

71. Tous les essais sur ces gazogènes ont été interrompus dans les trois pays de la CEPGL suite aux problèmes liés au mauvais choix de la technologie de gazéification, à l'impureté du gaz produit qui encrassait le moteur et au manque de techniciens et de financement; ils pourraient reprendre s'il y avait changement ou réadaptation des gazogènes et des moteurs.

E. Les foyers améliorés pour les centres urbains

72. La FAO a publié, en 1981, une carte indiquant les pays où la crise du bois de feu se ferait sentir cruellement si des mesures d'urgence n'étaient pas prises. Le Burundi figurait parmi les plus menacés par la crise du bois de feu. C'est ainsi qu'un certain nombre de mesures furent ainsi envisagées notamment l'introduction des foyers améliorés. Des projets en ce sens furent initiés par un certain nombre d'organismes: UNICEF, AIDR, ONATOUR, et le projet DUB. Les deux premiers cessèrent peu à peu leurs activités et il ne subsista que les deux derniers.

73. L'ONATOUR était chargé de diffuser les foyers pour la tourbe tandis que le projet DUB s'occupait de la diffusion des foyers améliorés métalliques à charbon de bois. La fabrication du charbon de bois est un des facteurs responsables du déboisement. Le choix des foyers utilisés avaient un faible rendement et par le fait qu'une enquête avait révélé qu'en milieu urbain 90 % des ménages utilisaient exclusivement ou partiellement le charbon de bois et consacraient 30 % de leurs revenus à l'achat du charbon dont le coût actuel est de 1200 Fbu par sac de 35 kg.

74. Objectifs du projet foyers améliorés: un projet "foyers améliorés" fut initié suite à la recommandation d'experts de la Banque mondiale. Les objectifs de ce projet étaient les suivants:

- contribuer à couper moins d'arbres en mettant sur pied un foyer économique;
- aider les familles à faibles revenus à économiser un peu d'argent sur l'achat du charbon de bois;

11/ EEE = Energy Equipment Engineering.

- aider les artisans à améliorer leur technique et à augmenter leurs revenus monétaires.

75. Outillage et matériaux utilisés pour la fabrication: les foyers améliorés ont été produit dans l'atelier du projet par les tôliers qui fabriquaient des objets, ustensiles et anciens foyers en utilisant des tôles métallique de récupération. Pour fabriquer les nouveaux foyers améliorés, les artisans tôliers utilisaient l'outillage suivant: un enclume servant de support, un marteau et un burin. Les matériaux utilisés étaient métalliques pour diverses raisons dont notamment: garder les matériaux des anciens foyers pour ne pas introduire trop de changement; ne pas dérouter les artisans habitués au travail du métal; aider les artisans à améliorer leur technique et augmenter leurs revenus monétaires.

76. Chaque artisan produisait en moyenne 3 à 5 foyers améliorés par jour contre 10 à 12 foyers du modèle ancien non performant. Il a été ainsi produit plus de 16.000 foyers améliorés dans l'atelier du projet DUB. Les foyers améliorés ont été commercialisés par le Projet DUB. Le prix de vente est de 250 Fbu pour le foyer amélioré alors qu'il est de 150 Fbu pour l'ancien modèle. Les tests de rendement ont indiqué qu'on peut économiser 30% sur la consommation de charbon de bois, mais il est probable que dans les ménages le rendement soit beaucoup plus faible que cette valeur à cause du manque d'initiation à l'utilisation de ces foyers. La diffusion des foyers améliorés a connu peu de succès à cause surtout de la faiblesse des revenus des ménages et du manque de matière première (tôles).

77. Une nouvelle société privée (SEHYCO) vient de naître et elle a commencé à vulgariser un nouveau type de foyers améliorés (RAFIKI), inspiré des modèles développés au Kenya et au Soudan qui utilisent le métal et la céramique comme matière première. Le prix de ce nouveau foyer qui permet d'économiser 30 à 40% de charbon est de 1.000 FBU. Cependant, il faut signaler que le promoteur est encore à la recherche d'un financement. Le principal entrave au développement de ce nouveau foyer qui est plus performant est le prix élevé et le manque de tôles qui sont importés.

F. Les chauffe-eaux solaires

78. Le potentiel solaire est suffisant au Burundi pour servir à produire de l'eau chaude pour les ménages, les hôpitaux, les hôtels, etc. Quelques systèmes importés sont en fonctionnement à Bujumbura, Cankuzo, Kibuye. Une dizaine de chauffe-eaux solaires ont été installés sur le toit des maisons construites non loin du centre administratif de Cankuzo par la société AMSAR. Des modèles ont été développés à l'Université du Burundi (Faculté des Sciences Appliquées et Institut Technique Supérieure) mais il n'y a eu aucune commercialisation. On peut donc affirmer qu'il n'y a pas encore de réel développement de la technologie du chauffe-eau solaire au Burundi. Les contraintes sont notamment le manque de politique et de stratégie dans ce domaine, la carence de personnel qualifié, l'indisponibilité de la matière première et le coût élevé des systèmes.

G. L'énergie éolienne

79. A part une éolienne de pompage d'eau installée à une dizaine de km de Bujumbura, à Gatumba, et deux éoliennes installées sur le terrain du CEBEA à Kamenge (Bujumbura), il n'y a pas d'autres systèmes utilisant l'énergie éolienne.

CHAPITRE IV

LA VALORISATION DES ENERGIES NOUVELLES ET RENOUVELABLES AU BURUNDI

A. La valorisation de l'énergie solaire

80. Les applications actuelles de l'énergie solaire au Burundi sont notamment: l'éclairage solaire des locaux et des salles de séjour, la climatisation, la réfrigération solaire (conservation des vaccins, des médicaments, du lait, aliments périssables, ...), les télécommunications (téléphone, radios, télévision), le pompage de l'eau, le chauffage de l'eau, le séchage solaire.

1. Installations photovoltaïques pour l'éclairage

81. La conversion du rayonnement solaire en énergie électrique par cellules solaires débouche sur diverses utilisations dont notamment l'éclairage solaire. Les systèmes photovoltaïques ont été installés préférentiellement dans les zones isolées (hôpitaux, dispensaires, centres de santé, fermes, coopératives, missions, privés) et servent surtout pour l'éclairage. Le nombre total des systèmes photovoltaïques pour l'éclairage installés au Burundi dépasse 80. Le CEBEA, créé en 1982, a déjà réalisé 34 installations photovoltaïques d'une puissance totale de 6.163 Watt-crête. D'autres installations ont été réalisées par: CARITAS, CADI, CECI DHER, NAHV et UTEMA TRAVHYDRO, et des privés. Le total des installations dépasse 36.

82. On remarquera que ce sont les missions qui ont le plus bénéficié des systèmes photovoltaïques pour l'éclairage. Cela s'explique par le fait qu'une organisation non gouvernementale a aidé ces missions pour l'acquisition de ce matériel photovoltaïque sous forme de don. Pour les 136 collectivités qui ont bénéficié des systèmes photovoltaïques, le nombre de modules varie entre 1 et 2. Toutefois, le collège de RUMEZA, la Société UTEMA TRAVHYDRO et le Centre de santé de RUKAGO disposent de 4 modules. Le CEBEA a récemment importé, en 1990, de France et de Belgique, quelques centaines de systèmes photovoltaïques d'éclairage pour les centres de santé.

2. Systèmes photovoltaïques pour la réfrigération

83. Les systèmes photovoltaïques pour la réfrigération trouvent des applications dans certains centres de santé et hôpitaux de l'intérieur du pays: des réfrigérateurs de 160 litres sont utilisés

dans les projets MPARAMBO et BUTUTSI (RWIRA) alors que ceux de 65 litres fonctionnent déjà à l'ISABU-GISOZI et au Projet ISALE-MUBIMBI.

3. Systèmes photovoltaïque pour le pompage solaire de l'eau

84. La plus grande installation photovoltaïque pour le pompage de l'eau réalisée au Burundi est la station de pompage de Ruzo, en province de Muyinga. Elle a une puissance de 7.214,4 Kwh; elle est composée de 400 modules dont chacun a une puissance de 16 Watt-crête.

4. Systèmes photovoltaïques pour les télécommunications

85. Il existe des systèmes photovoltaïques pour le guidage des avions à Bujumbura.

5. Le chauffage solaire de l'eau

86. Quelques chauffe-eaux solaires sont utilisés dans les institutions suivantes: Faculté des Sciences Appliquées de l'Université, Faculté d'Agronomie de l'Université du Burundi; Projet CECI BUTAGANZWA; Projet biogaz à CANKUZO; Projet FAC de MUYINGA; EFI MWARO, etc...

6. La climatisation solaire

87. La climatisation passive, quant à elle, est mise en oeuvre en terrain d'essai de KAMENGE.

7. Le séchage solaire

88. Quelques prototypes de séchoirs solaires ont été développés à l'Université du Burundi (CRUEA et Faculté des Sciences Appliquées) ainsi qu'au CEBEA. Mais la commercialisation de ces modèles n'a pas encore vu le jour.

B. La valorisation de la biomasse comme source d'énergie

89. Au Burundi, la valorisation de la biomasse comme source d'énergie se fait surtout par biométhanisation en produisant du biogaz pour la cuisson, l'éclairage, la réfrigération, par carbonisation. Un projet sur la densification des déchets de café et de riz est en cours à Bujumbura. Il faut signaler aussi que des expériences de gazéification de la tourbe, des parches de café et des balles de riz ont été tentées.

C. Le rôle des énergies renouvelables dans le développement énergétique burundais

1. Le développement en qualité

90. La technologie du biogaz et de l'éclairage photovoltaïque sont relativement bien développés au Burundi. Le développement de ces sources d'énergies a apporté des améliorations dans la qualité de la vie des acquéreurs. Le biogaz permet d'éliminer les microbes pathogènes tels ceux de la polio et de la tuberculose, qui produit un gaz riche en énergie et laisse un résidu qui sert d'amendement des sols qui permet au paysan d'augmenter le rendement des cultures de 30% à 60%. Les effluents permettent également de lutter contre certaines maladies des plantes. Les maladies des yeux sont aussi diminuées puisque le gaz brûle sans fumées. Au lieu d'aller chercher du bois, les femmes peuvent vaquer à d'autres occupations. L'utilisation des lampes solaires apporte des bienfaits pour la santé et économise l'argent pour le pétrole habituellement utilisé pour l'éclairage. Les foyers améliorés permettent de réduire la consommation du charbon et donc le déboisement.

2. Le développement en quantité

91. On peut également affirmer que la technologie du biogaz est quantitativement la mieux développée au Burundi à en juger par le nombre (243) et le volume (7.163 m³) des installations déjà réalisées actuellement. Les foyers améliorés du projet DUB sont relativement bien développés (16.000 unités fabriquées par le projet) mais ont moins de succès auprès de la clientèle à cause du coût élevé.

CONCLUSIONS

92. Les technologies relatives aux énergies renouvelables au Burundi sont peu nombreuses. Toutefois celle du biogaz est bien développée actuellement à cause de la politique du pays notamment en matière de coopération bilatérale et multilatérale, à la stratégie de diffusion adoptée et à la formation de techniciens. En Mai 1992, le nombre de digesteurs construits au Burundi par divers projets pour les privés et les collectivités était de 243 avec un volume total de 7.961 m³. Cependant, le développement du biogaz se heurte au problème du coût élevé des installations et au manque de système de financement. Les foyers améliorés semblent avoir eu peu de succès à cause du prix de vente élevé, du manque de matériaux de construction et des interruptions enregistrées dans l'exécution du projet DUB. Les autres technologies sont très peu développées et le peu d'installations existantes ont utilisé essentiellement des équipements importés.