

**REPUBLIQUE DU BURUNDI**

**PROGRAMME DES NATIONS UNIES  
POUR LE DEVELOPPEMENT**

**Ministère de l'Aménagement du  
Territoire, de l'Environnement et  
du Tourisme.**

**Projet BDI/98/G32.**

**IDENTIFICATION DES BESOINS EN  
TECHNOLOGIES POUR LA REDUCTION DES  
EMISSIONS DES GES AU BURUNDI.**

**DOCUMENT DE SYNTHESE.**

Bujumbura, Novembre 2002

**TABLES DES MATIERES.**

	Page
Liste des tableaux.....	4
Liste des figures.....	4
Liste des abréviations.....	5
0. INTRODUCTION.....	6
I. APPROCHE METHODOLOGIQUE.....	7
II. SITUATION ACTUELLE DU SECTEUR DE L'ENERGIE.....	8
II.1. Bref rappel de la situation socio-économique et financière du Burundi.....	8
II.2. Formes d'énergies consommées au Burundi.....	9
II.3. Emissions de GES dans le secteur énergétique.....	9
II.4. Principales options technologiques pour réduire les émissions de GES dans le secteur énergétique au niveau des ménages.....	12
II.5. Performances des équipements utilisés dans le sous-secteur résidentiel... ..	12
II.6. Potentiel pour la substitution de combustibles fossiles.....	13
II.7. Potentiel pour l'amélioration de l'efficacité énergétique.....	13
II.8. Données manquantes.....	14
III. EVALUATION DES TECHNOLOGIES DE REDUCTION DES EMISSIONS DES GES DANS LE SOUS-SECTEUR RESIDENTIEL.....	15
III.1. Besoins prioritaires.....	15
III.1.1. Secteur de l'énergie.....	15
III.1.2. Secteur de l'agriculture.....	15
III.2. Opportunités.....	15
III.2.1. Les ressources hydrauliques.....	17
III.2.2. L'énergie solaire.....	17
III.2.3. Les déchets animaux (biogaz).....	18

IV. EVALUATION DES TECHNOLOGIES DE REDUCTION DES EMISSIONS DES GES DANS LE SOUS-SECTEUR RESIDENTIEL.....	19
IV.1. Critères de sélection des options technologiques.....	19
IV.2. Analyse comparative des options technologiques en terme d'émissions de GES évitées.....	20
IV.2.1. Amélioration du système de carbonisation.....	20
IV.2.2. Diffusion et vulgarisation des foyers améliorés à bois.....	20
IV.2.3. Vulgarisation à grande échelle de foyers améliorés à charbon de bois .....	20
IV.2.4. Electrification décentralisée par système photovoltaïque.....	20
IV. 2.5. Utilisation des digesteurs à biogaz.....	21
IV. 2.6. Augmentation de la production e de l'utilisation de l'hydroélectrique .....	21
IV. 2.7. Substitution des divers combustibles par le gaz butane.....	21
IV. 2.8. Diffusion et vulgarisation des séchoirs solaires.....	21
IV.3. Analyse comparative des options technologiques en terme de contribution aux objectifs politiques et de viabilité économique.....	22
IV.4. Analyse comparative des coûts pour l'utilisation des nouvelles technologies..	24
V. BARRIERES CONTRE UNE LARGE ADOPTION DES TECHNOLOGIES DE REDUCTION DES EMISSIONS DES GES DU SOUS-SECTEUR RESIDENTIEL ET MESURES POUR LES SURMONTER.....	25
VI. PLAN D' ACTIONS DE TRANSFERT DES TECHNOLOGIES DE REDUCTION DES EMISSIONS DES GES DU SOUS-SECTEUR RESIDENTIEL.....	29
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES SELECTIONNEES.....	30
ANNEXE : Plan d'actions de transfert des technologies de réduction des émissions des GES dans le sous-secteur résidentiel	

## **Liste des tableaux.**

Tableau II.1. Répartition des émissions du secteur énergétique

Tableau II.2. Performance des équipements utilisés dans le sous-secteur résidentiel

Tableau III.1. Moyennes annuelles du rayonnement global par région climatique

Tableau IV.1. Tableau comparatif des options technologiques en terme d'émissions évitées

Tableau IV.2. Matrice de sélection des options technologiques de réduction des émissions de GES en terme de contribution aux objectifs politiques et de viabilité économique

Tableau IV.3. Coûts comparés de l'utilisation de nouvelles technologies

## **Liste des figures.**

Figure II.1. Répartition des émissions par secteur

Figure II.2. Répartition des émissions du secteur énergétique en %

## Liste des abréviations / acronymes.

ADESO	: Agence de Développement de l'Énergie Solaire
BIF	: Francs burundais
CEBEA	: Centre d'Études Burundais des Énergies Alternatives
CH <sub>4</sub>	: Méthane
CO <sub>2</sub>	: Dioxyde de carbone
CPGL	: Communauté des Pays des Grands Lacs
CRAES	: Centre Régional Africain pour les Énergies Alternatives
DGEE	: Direction Générale de l'Eau et de l'Énergie
DGHER	: Direction Générale de l'Hydraulique et des Énergies Rurales
DTIE	: Division Technologique, Industrie et Économie
ECO <sub>2</sub>	: Équivalent CO <sub>2</sub>
EGL	: Énergie des Grands Lacs
ENERSO	: Energy Society
EPA	: Etablissement Public à caractère Administratif
FEM	: Fonds pour l'Environnement Mondial
GES	: Gaz à effet de serre
Gg	: Giga gramme
GIEC	: Groupe d'Experts Internationale sur l'Évolution du Climat
H.T	: Hors Taxe
IDH	: Indicateur de Développement Humain
IGEBU	: Institut Géographique du Burundi
IPCC	: Intergouvernemental Panel on Climate Change
LRDEC	: Laboratoire de Recherche en Diversification Énergétique
MAC	: Mise en Application Conjointe
MDP	: Mécanisme de Développement Propre
MEM	: Ministère de l'Énergie et Mines
NO <sub>2</sub>	: Hémioxyde d'azote
ONATEL	: Office National des Télécommunications
PIB	: Produit Intérieur Brut
PNUE	: Programme des Nations Unies pour l'Environnement
RET	: Renewable Energy Technology Screen
T.T.C	: Toutes Taxes Comprises
TER	: Technologie des Énergies Renouvelables
Wp	: Watt crête
kWp	: Kilo watt crête
PV	: Photovoltaïque
°C	: Degré Célcius

## 0. INTRODUCTION.

Le Burundi a ratifié la Convention Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques en date du 06 avril 1997. Il vient de présenter sa première communication nationale lors de la Conférence des Parties qui a eu lieu à Marrakech, au Maroc, en octobre 2001. Le travail a été réalisé grâce à un financement du Fonds pour l'Environnement Mondial (FEM) octroyé dans le cadre du Projet « Réhabilitation du Burundi à formuler sa première communication nationale au titre de la CCCC » (BDI/98/G32).

Dans le souci de poursuivre ses engagements, le Burundi a sollicité et obtenu du FEM, un financement supplémentaire afin de procéder notamment à l'identification de ses besoins en technologies pour la réduction des émissions des gaz à effet de serre.

La synthèse des résultats de ces investigations est présentée dans le présent document qui comprend :

- (i) une présentation de la méthode utilisée ;
- (ii) un aperçu de la situation actuelle du secteur de l'énergie ;
- (iii) une évaluation des besoins dans le secteur de l'énergie ;
- (iv) une évaluation des technologies de réduction des émissions des GES dans le sous-secteur résidentiel ;
- (v) un relevé des technologies-clés pour réduction des émissions des GES dans le sous-secteur résidentiel ;
- (vi) une identification des barrières contre une large adoption des technologies de réduction des émissions des GES du sous-secteur résidentiel ainsi que les mesures pour les surmonter ;
- (vii) un plan d'actions de transfert des technologies de réduction des émissions des GES du sous-secteur résidentiel.

Il apparaît ainsi que les options visant l'amélioration du système de carbonisation, la diffusion et la vulgarisation des foyers améliorés à bois et à charbon de bois constituent des options technologiques les plus prometteuses à moindre coût et à court terme.

A moyen et long terme l'augmentation de la production et de l'utilisation de l'hydroélectricité ainsi que l'électrification des ménages ruraux par des kits photovoltaïques apparaissent comme les meilleures options de réduction des GES issus du sous-secteur résidentiel.

Le Burundi compte donc sur le concours des pays développés Parties pour acquérir les moyens nécessaires pour accéder aux technologies ainsi identifiées et au savoir-faire qui lui permettraient de réduire les émissions des GES issues du secteur résidentiel et contribuer ainsi à l'effort mondial de protection de la vie sur notre planète.

## **I. APPROCHE METHODOLOGIQUE.**

Les inventaires des émissions de GES au Burundi ont montré que les émissions du secteur de l'énergie représentent environ 60 % des émissions totales, et qu'au niveau de ce secteur les émissions issues du sous-secteur résidentiel représentent environ 94 %.

Les études d'atténuation et d'adaptation aux changements climatiques ont identifié des options technologiques susceptibles de réduire les émissions de GES dans tous les secteurs y compris dans le secteur énergétique.

Le sous-secteur résidentiel ayant été ciblé comme prioritaire pour atténuer les émissions de GES du secteur énergétique, des études supplémentaires ont été menées afin de mieux identifier les besoins en technologies appropriées à cet effet.

Ces études ont porté sur :

- (i) un audit énergétique auprès des ménages dans les centres urbains de Bujumbura, de Gitega et de Ngozi, réalisé par la Direction Générale de l'Eau et de l'Energie (DGEE) ;
- (ii) une évaluation du potentiel en énergie solaire au Burundi, réalisée par la société ENERSO (The Energy Society).

Ces investigations ont pu identifier des options technologiques qui si elles étaient mises en œuvre permettraient de réduire les émissions de GES du sous-secteur résidentiel.

Ces options ont été validées au cours d'un « Séminaire-Atelier sur l'Identification des Besoins en Technologie pour la Réduction des Emissions de GES », qui a eu lieu à Bujumbura, du 11 au 12 septembre 2002. Le séminaire réunissait des hauts cadres de l'administration publique et parapublique, des chercheurs des Universités, des représentants des ONG et du secteur privé intéressés par les questions énergétiques.

La validation de ces options a été guidée par :

- (i) les impératifs de développement tels qu'ils apparaissent dans les politiques du Gouvernement ;
- (ii) la contribution de ces options technologiques à l'atténuation des changements climatiques ;
- (iii) la situation du marché potentiel et les coûts des investissements et équipements induits par l'adoption de ces technologies.

Les résultats des études ci-haut citées et les contributions pertinentes du séminaire de validation ont été analysés et consolidés pour arrêter les besoins en technologies pour le Burundi, objet du présent document.

## **II. SITUATION ACTUELLE DU SECTEUR DE L'ENERGIE.**

### **II.1. Bref rappel de la situation socio-économique et financière du Burundi.**

Selon l'Indicateur de Développement Humain (IDH), le Burundi est classé en 171<sup>e</sup> position sur 173 pays avec une valeur de l'IDH de 0,313 en 2000 (Rapport Mondial sur le Développement Humain Durable 2002).

Son économie est essentiellement basée sur l'agriculture. Celle-ci fournit environ 90 % des emplois, contribue pour près de 50 % au PIB, assure 95 % des apports alimentaires et plus de 80 % des recettes en devises. L'élevage est de type extensif et contribue pour environ 4,6 % au PIB. Le secteur industriel est encore à l'état embryonnaire et occupe une main-d'œuvre qui n'excède pas les 2,5 % de la main-d'œuvre totale du pays.

Suite à la crise socio-politique qui sévit au Burundi depuis 1993, la situation socio-économique s'est détériorée. La pauvreté s'est accrue : le nombre de personnes vivant en dessous du seuil de pauvreté a doublé en passant de 35 % en 1992 à plus de 60 % en 2000.

Tous les indicateurs macro-économiques se sont détériorés. Ainsi :

- le PIB a baissé cumulativement de 20 % sur la période 1992-2001 ;
- le revenu par tête d'habitant s'est progressivement érodé pour s'établir à 103 US \$ en 2000 contre 200 US \$ en 1992 ;
- le taux d'investissement a fortement baissé en passant de 18 % du PIB en 1992 à moins de 9 % en 2000 ;
- les exportations ont fluctué de 79,3 millions de US \$ en 1992 à 49,1 millions en 2000 ;
- le niveau de la réserve en devises a continuellement baissé, passant de 4,1 mois d'importation de biens et services non-facteurs en 1992 à 1,5 mois en 2001 ;
- un lourd fardeau de la dette extérieure, avec un service contractuel atteignant 98 % des exportations, des arriérés de paiement estimés à plus de 112 millions de US \$ et un encours dépassant 180 % du PIB ;
- etc.

Au niveau économique et financier, le Burundi éprouve actuellement d'énormes besoins d'appui à la relance économique, au financement budgétaire et de la balance des paiements.

Au niveau social, le Burundi fait face à des besoins criants de réinstallation et réinsertion socio-économiques des populations déplacées à l'intérieur du pays et des réfugiés rapatriés, de reconstruction et de réhabilitation des infrastructures essentielles, l'amélioration d'accès du niveau et de la qualité des services sociaux de base.

## II.2. Formes d'énergies consommées au Burundi.

Les formes d'énergies consommées au Burundi, selon le bilan énergétique pour l'année 2001, sont : le bois énergie inclusivement le charbon de bois représentant 97 % du bilan énergétique global ; les produits pétroliers : 2,5 % ; l'électricité : 0,3 % ; la tourbe : 0,03 % et les énergies nouvelles et renouvelables en quantité négligeable.

Le taux de desserte en énergie électrique oscille autour de 1,8 % au niveau national. La consommation moyenne actuelle de l'électricité est d'environ 20 KWh par habitant et par an. Celle des ménages représente 96 % de la consommation finale totale.

La consommation en énergies commerciales hors biomasse est faible, de l'ordre de 15 Kg e.p./habitant et reflète un faible taux d'urbanisation (7 %). La prédominance de la consommation d'énergies traditionnelles place le secteur de l'énergie en première position pour les émissions des gaz à effet de serre.

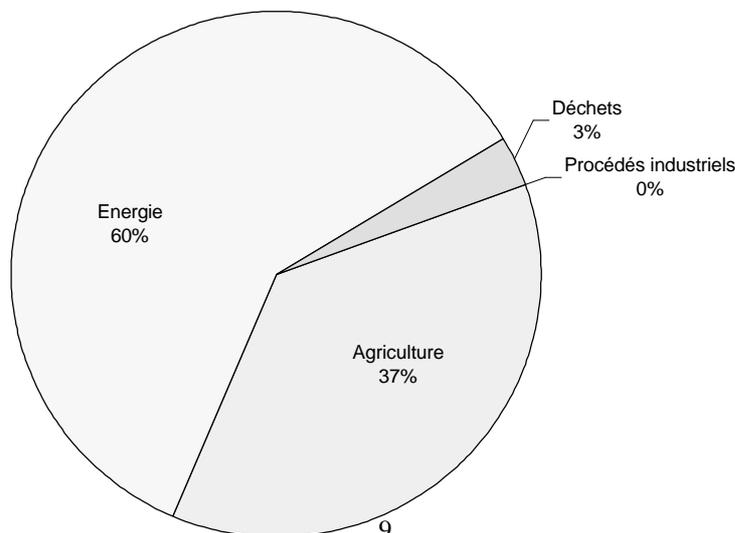
## II.3. Emissions de GES dans le secteur énergétique.

Les résultats des inventaires montrent qu'en 1998, les quantités de GES émises par le Burundi sont estimées à 3 647,66 Gg ECO<sub>2</sub> tandis que les puits absorbent une quantité estimée à 2 857,2317 Gg de CO<sub>2</sub>. Il en résulte des émissions nettes estimées à 792,4299 Gg ECO<sub>2</sub>.

Concernant la répartition des émissions de GES par secteur, il apparaît que les émissions dans le sous-secteur énergie représentent 60,39 % ; celles du sous-secteur de l'agriculture ; 36,8 %, celles du sous-secteur des procédés industriels ne représentent que 0,004 %.

**Figure II.1.**

Répartition des émissions par secteur en %



Au niveau du secteur énergétique, les émissions des GES proviennent en grande partie du sous-secteur résidentiel (plus de 93 %). Ces émissions sont liées essentiellement à l'usage du bois, et des résidus de bois ainsi que du charbon de bois. Ceci semble en parfait accord avec la situation déjà connue, comme quoi le bois et le charbon de bois entrent pour plus de 95 % dans le bilan énergétique au Burundi.

***Répartition des émissions de GES du secteur énergétique.***

La répartition des émissions de GES dans le secteur énergétique montre que le sous-secteur résidentiel produit plus de 93 % de toutes les émissions, suivi de loin par le sous-secteur des transports (3,97 %), les industries (1,39 %) et en dernière position le sous-secteur commercial et institutionnel (0,89 %). Voir tableau I.1. et la figure I.2.

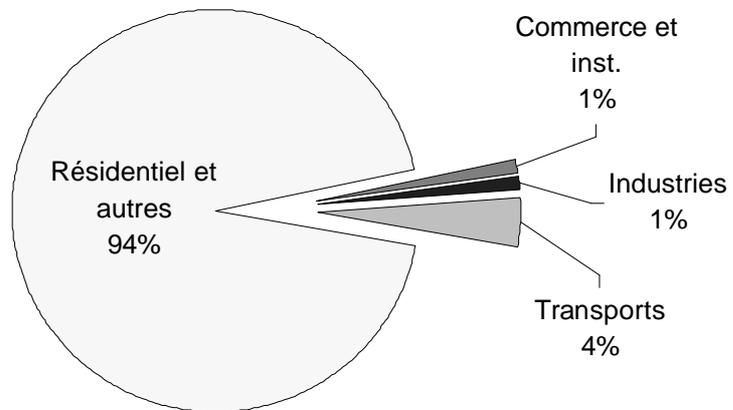
**Tableau II.1. : Répartition des émissions du secteur énergétique.**

Secteurs	Emissions de GES en Gg					Total ECO <sub>2</sub>
	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	CO	N <sub>2</sub> O	Gg	%
Résidentiel et autres	8,6272	637,0668	1393,655	106,4010	93,74 %	93,74
Transport	90,1372	0,4698	0	0,2579	3,97	3,97
Industries	31,39735	0,3294	0	0,0009	1,39	1,39
Comm. et inst.	12,89224	6,4533	0	1,12	0,89	0,89
<b>TOTAL</b>	<b>143,0589</b>	<b>644,3193</b>	<b>1393,655</b>	<b>107,7798</b>	<b>100 %</b>	<b>100</b>

Source : Convention Cadre de Nations Unies sur les Changements Climatiques, Première Communication Nationale, Bujumbura, août 2001.

Figure II.2.

### Répartition des émissions du secteur énergétique en %



#### **II.4. Principales options technologiques pour réduire les émissions de GES dans le secteur énergétique au niveau des ménages.**

Les principales options technologiques pour réduire les émissions des GES dans le sous-secteur résidentiel identifiées dans les études antérieures sont :

- (i) l'amélioration du système de carbonisation ;
- (ii) la vulgarisation à grande échelle de foyers améliorés à bois et à charbon de bois ;
- (iii) l'augmentation de la production et de l'utilisation de l'hydroélectricité ;
- (iv) l'électrification des ménages ruraux par des kits photovoltaïques ;
- (v) la promotion de l'utilisation du gaz butane pour la cuisson ;
- (vi) utilisation des digesteurs à biogaz ;

#### **II.5. Performances des équipements utilisés dans le sous-secteur résidentiel.**

Pour la grande majorité de la population burundaise, la consommation de l'énergie concerne la couverture des besoins pour la cuisson, l'éclairage et le chauffage des maisons.

Les équipements utilisés et leurs performances sont reprises dans le tableau ci-dessous.

Tableau II.2. Performances des équipements utilisés dans le sous-secteur résidentiel.

##### **A. CUISSON.**

<b>Source d'énergie</b>	<b>Équipement utilisé</b>	<b>Rendement énergétique (%)</b>
Electricité	Cuisinière électrique	Variable suivant le modèle et les caractéristiques techniques
Bois (Biomasse)	Foyer à trois pierres	10 %
Charbon de bois	Foyer traditionnel à charbon de bois (IMBABURA)	15 % par rapport au foyer DUB 10
	Foyer ZIGANYAMAKARA ou DUB 10	20 % par rapport au foyer traditionnel à charbon de bois
Gaz butane	Cuisinière à gaz	Variable suivant les caractéristiques techniques
Biogaz	Cuisinière à gaz	-

## B. ECLAIRAGE.

Source d'énergie	Equipement utilisé	Rendement énergétique en %
Hydroélectricité	Ampoules, tubes	
Pétrole ou mazout	Lampes à pétrole ;Lampes tempêtes Lampes Coleman ; Itadowa	
Energie solaire	Tubes	
Bougie	-	

De manière générale, les sources d'énergie fréquemment utilisées sont le bois et le charbon de bois. Les équipements ont généralement un faible rendement énergétique. Les cuisinières électriques et à gaz ne se rencontrent que dans les ménages de la catégorie haut standing des principales villes et qui ne représente que 8 % de la population urbaine. Ceci est le reflet d'une situation socio-économique d'un pays très pauvre et en prise à une crise socio-politique depuis 1993.

### II.6. Potentiel pour la substitution des combustibles fossiles.

Le potentiel pour la substitution des combustibles fossiles reste faible pour des raisons liées au :

- (i) pouvoir d'achat des populations qui est trop faible pour pouvoir adopter les nouvelles technologies, solaires notamment ;
- (ii) au mode d'habitat rural dispersé qui ne favorise l'accès au réseau électrique à un grand nombre de ménages ;
- (iii) aux coûts élevés de raccordement au réseau électrique et des factures de consommation.

### II.7. Potentiel pour l'amélioration de l'efficacité énergétique.

En amont, la vulgarisation des fours de carbonisation avec un meilleur rendement est une action réalisable à peu de frais.

En aval, la diffusion et la vulgarisation des foyers améliorés à bois et à charbon de bois est facilement envisageable d'autant plus que c'est un travail qui avait déjà commencé dans le cadre de projets du Gouvernement et de certaines initiatives des ONG.

## **II.8. Données manquantes.**

- (i) Les consommations d'énergies en milieu rural sont des estimations faites à partir des données de certaines études anciennes. Il serait donc nécessaire de procéder à un audit énergétique actualisé dans les ménages ruraux.
- (ii) Le niveau de production de la plupart des installations photovoltaïques du Burundi n'est pas connu, alors qu'il pourrait contribuer à améliorer ces systèmes solaires.
- (iii) Les données statistiques sur la disponibilité des déchets animaux pour la production de biogaz devraient également être affinées.
- (iv) Il manque enfin des données sur les performances des équipements électriques et à gaz utilisés dans les ménages.

### **III. EVALUATION DES TECHNOLOGIES DE REDUCTION DES EMISSIONS DES GES DANS LE SOUS-SECTEUR RESIDENTIEL.**

#### **III.1. Besoins prioritaires.**

##### ***III.1.1. Secteur de l'énergie.***

Les principales préoccupations dans le secteur de l'énergie pour le domaine résidentiel consistent à :

- (i) satisfaire les besoins en énergie domestique tout en sauvegardant l'environnement ;
- (ii) faciliter l'accès d'une grande partie de la population à l'énergie moderne (le taux d'électrification n'est que d'environ 2 %) ;
- (iii) fournir de l'énergie en quantité et qualité suffisante aux activités artisanales et industrielles pour soutenir le développement.

Les principaux axes d'intervention pour atteindre ces objectifs sont notamment :

- la poursuite de l'électrification par le réseau existant ;
- le développement des autres sources d'énergie comme l'énergie solaire pour les rendre disponibles en milieu rural ;
- l'augmentation de la capacité de production de l'énergie électrique et traditionnelle ;
- la promotion des actions de substitution par des sources d'énergie localement disponibles ;
- l'amélioration du cadre institutionnel, fiscal et réglementaire du secteur ;
- le renforcement de la coopération sous-régional ;
- la rationalisation de l'utilisation de toutes les sources d'énergie.

De façon plus générale, la principale priorité pour le Burundi est la promotion d'un développement humain durable pour toute la population à travers des actions de lutte contre la pauvreté (création d'emplois, micro-crédits,...) et d'amélioration de conditions de vie (éducation, santé, eau potable...).

##### ***III.1.2. Secteur de l'agriculture.***

*Une autre priorité du Gouvernement est de pouvoir assurer une sécurité alimentaire pour sa population. A cet effet, une des stratégies adoptées consiste en la relance et la diversification de transformation et la conservation des produits agricoles et végétaux.*

*Le Gouvernement envisage renforcer les capacités nationales dans les domaines de la sélection, de la mise au point et la diffusion de nouvelles technologies de transformation, de conservation, de stockage et de conditionnement des produits agricoles et animaux.*

*Plus précisément, la stratégie de relance et de développement du sous-secteur post-récolte consistera notamment en :*

- (i) la réhabilitation des unités de transformation alimentaire ;*
- (ii) la diffusion des techniques de transformation et de conservation qui ont fait preuve sur le terrain ;*
- (iii) la recherche/développement en technologie alimentaire. Les actions à mener consisteront dans la mise au point et le développement de nouvelles techniques en matière de procédés de transformation et de conservation des produits agricoles et animaux ainsi que l'adaptation des équipements et matériels qui ont déjà fait preuve ailleurs ;*
- (iv) la promotion des initiatives privées dans le domaine de la transformation et conservation des produits agricoles et animaux. C'est ainsi que cette fonction et transformation permettra de participer à la création des emplois pour les différentes catégories sociales en vue de leur réinsertion dans la vie socio-économique du pays ;*
- (v) le renforcement des capacités nationales en agro-alimentaire par la formation des ressources humaines dans tous les secteurs ;*
- (vi) la promotion d'une alimentation humaine équilibrée et saine par le contrôle de la qualité des produits alimentaires et la détermination de leur valeur nutritionnelle.*

*Une des techniques de transformation et de conservation à diffuser et vulgariser est le séchage solaire.*

*Ce dernier présente beaucoup d'avantages notamment :*

- (i) la diminution du temps de travail pour les utilisateurs pour lesquels les opérations fastidieuses de manutention des récoltes seraient supprimées ;*
- (ii) la diminution des pertes, qui sont considérables dans le système traditionnel, d'une part en raccourcissant considérablement la durée d'exposition aux agressions dans les champs et sur l'aire de séchage, et d'autre part en donnant un séchage de meilleure qualité qui réduira les pertes ultérieures au stockage ;*
- (iii) la qualité des produits séchés est d'une importance capitale pour le goût des consommateurs et pour la prévention de certaines maladies. Elle est également importante pour les produits qui doivent répondre à certaines normes de qualité pour l'exportation.*

*Ainsi donc, le séchage dans les séchoirs solaires peut apporter une solution aux problèmes de qualité et de normes.*

## **III.2. Opportunités.**

Les ressources énergétiques non-émettrices ou faiblement émettrices de GES exploitées ou pouvant l'être sont principalement les ressources hydrauliques, l'énergie solaire et le biogaz.

### **III.2.1. Les ressources hydrauliques.**

Le potentiel hydroélectrique économiquement exploitable est évalué à 300 MW et les besoins en eau sont estimés à 61,62 m<sup>3</sup> par seconde, soit environ 20 % du débit national disponible, sans considérer le débit des rivières transfrontalières. Pour le moment, le Burundi possède une puissance hydroélectrique installée de 32 MW générée par 27 microcentrales dont une seule a une puissance de 18 MW.

La production de l'électricité a atteint 153 GWh en 2001. Le manque de financement extérieur fait qu'il y a très peu de nouveaux investissements de production et d'extension de réseaux.

### **III.2.2. L'énergie solaire.**

L'énergie solaire au Burundi est une source d'énergie avec un bon potentiel d'exploitation comme l'indiquent bien les données sur le rayonnement solaire global et la durée d'ensoleillement. Cependant l'exploitation de cette source d'énergie reste encore à l'état embryonnaire.

En effet, au Burundi, on dénombre 115 installations solaires composées de 1 679 modules et totalisant une puissance installée de 72 384 Wp. Leur utilisation se répartit comme suit : 83 % pour l'éclairage ; 4 % pour le pompage ; 4 % pour la réfrigération ; 7 % pour les télécommunications et 2 % pour les autres usages (Rapport du CEBEA sur l'évaluation des systèmes solaires installés dans le pays. Décembre 2001).

#### ***III.2.2.1. Rayonnement solaire global.***

Les moyennes annuelles du rayonnement global par région climatique sont reprises dans le tableau I.4. Elles montrent que l'intensité du rayonnement solaire varie de 3 kWh/m<sup>2</sup>/j dans les régions de haute altitude pendant la saison pluvieuse (région du MUGAMBA) à 5,1 kWh/m<sup>2</sup>/j dans les régions de basse altitude (région de l'IMBO).

L'intensité solaire varie très faiblement au cours de l'année : de 4,6 kWh/m<sup>2</sup>/j à 5,1 kWh/m<sup>2</sup>/j dans l'IMBO, et 3,3 kWh/m<sup>2</sup>/j à 4 kWh/m<sup>2</sup>/j, dans le MUGAMBA.

**Tableau III.1. Moyennes annuelles du rayonnement global par région climatique.**

<b>Région climatique</b>	<b>Moyennes annuelles (kWh/m<sup>2</sup>/j)</b>
Plaine de l'Imbo	4,79
Crête Congo-Nil	3,9
Dépression du Nord-Est	4,30
Dépression de l'Est	4,80
Plateaux Centraux	4,38

Source : ENERSO, Evaluation du potentiel de l'énergie solaire au Burundi.  
Rapport provisoire. Août 2002.

### **III.2.2.2. Durée d'ensoleillement.**

Contrairement au profil du rayonnement global, les valeurs de la durée d'ensoleillement ne sont pas constantes au cours d'une année.

En terme de moyennes mensuelles, les minima s'observent en saison pluvieuse et dans les régions de haute altitude (112 heures à RWEGURA au mois d'avril). Les maxima s'observent dans les régions d'altitude moyenne avec des valeurs de pointe d'environ 300 heures au mois de juillet.

### **III.2.3. Les déchets animaux (biogaz).**

La technologie du biogaz est bien connue au Burundi. Cependant l'évaluation du potentiel de production se heurte au manque de données statistiques sur la quantité de matière première disponible.

## **IV. EVALUATION DES TECHNOLOGIES DE REDUCTION DES EMISSIONS DES GES DANS LE SOUS-SECTEUR RESIDENTIEL.**

### **IV.1. Critères de sélection des options technologiques.**

Les critères pour le choix des technologies susceptibles de réduire les émissions des GES dans le secteur résidentiel s'inspirent donc logiquement des impératifs de développement et de sauvegarde de l'environnement dans un contexte marqué par une forte pauvreté de la population.

Ainsi, les critères suivants ont guidé la sélection des options technologiques de réduction des GES dans le secteur résidentiel.

#### **(i) *Avantages pour le développement.***

- création d'emplois et de revenus pour les pauvres ;
- utilisation de ressources locales ;
- réduction des effets sur l'environnement.

#### **(ii) *Contribution à l'atténuation/adaptation aux changements climatiques.***

- potentiel de réduction des GES ;
- préservation des puits de CO<sub>2</sub>.

#### **(iii) *Éléments du marché.***

- coûts d'investissements pour les installations et équipements ;
- disponibilité des équipements ;
- possibilité de replicabilité à une grande échelle ;
- acceptation sociale et adaptabilité aux conditions du Burundi.

Les sources d'opinion qui ont été prises en considération dans le choix des critères d'évaluation des options technologiques d'atténuation des émissions de GES dans le secteur résidentielles sont :

- (i) les jugements d'experts que sont les consultants qui ont mené les différentes études ;
- (ii) les priorités définies dans les politiques du Gouvernement dans les secteurs de l'énergie et de l'environnement ;

- (iii) les consultations des différents experts de l'administration, des universités, du secteur privé et des organisations non-gouvernementales, à l'occasion du Séminaire-Atelier organisé à cet effet en septembre 2002.

## **IV.2. Analyse comparative des options technologiques en terme d'émissions de GES évitées.**

### **IV.2.1. Amélioration du système de carbonisation.**

Cette option qui vise à économiser la quantité de bois utilisé dans le système de carbonisation recourt à l'usage d'un modèle de four appelé « Cornu de Cotonou » à rendement pondéral supérieur ou égal à 25 %, alors que la méthode traditionnelle de meule en terre n'a qu'un rendement pondéral de 10 %.

Ainsi donc, le four cornu permet une économie de bois (masse) de 60 %, soit 73,17 % du volume de bois sur pied, c.à.d. 1 214 443 m<sup>3</sup>. Ceci permet de récupérer au moins 1 622 Gg des CO<sub>2</sub> à l'an 2005, à raison de 1Gg de CO<sub>2</sub> pour 748 520 m<sup>3</sup> de bois exploité.

### **IV.2.2. Diffusion et vulgarisation des foyers améliorés à bois.**

Cette option concerne environ 90 % de la population burundaise et 86 % de la consommation totale énergétique. D'après les spécialistes, ces foyers permettent une économie de 20 % de bois de feu, soit un gain de 10 % par rapport au foyer traditionnel à trois pierres. Leur diffusion à grande échelle permettrait d'épargner 12 % du volume de bois sur pied d'ici 2005, ce qui correspondrait à une réduction de 3 460 Gg de CO<sub>2</sub>.

### **IV.2.3. Vulgarisation à grande échelle de foyers améliorés à charbon de bois.**

Le rendement énergétique de foyers améliorés à charbon de bois serait selon J.C.BITANGIROBE et J.P. NDAYISHIMIYE, de l'ordre de 35 % alors que celui du foyer traditionnel n'est que de 15 %. Leur utilisation permettrait une baisse de la consommation de charbon de bois de 20 %.

Sachant qu'au Burundi, environ 5,2 % de la demande en bois sont destinés à la production du charbon de bois consommé principalement en milieu urbain par 6 % de la population, la vulgarisation de foyers améliorés à charbon de bois permettrait de réaliser une économie de 9 % (rendement pondéral), soit 11 % du volume du bois sur pied, correspondant à 65 885 m<sup>3</sup>, ce qui permet de récupérer 88 Gg de CO<sub>2</sub> en l'an 2005.

### **IV.2.4. Electrification décentralisée par système photovoltaïque.**

L'objectif de cette option est de substituer le pétrole lampant par de l'électricité solaire via des kits photovoltaïques individuels ou collectifs pour des fins d'éclairage.

Un ménage burundais utilisant un générateur solaire photovoltaïque d'une taille de 50 Wp, lui produisant 45 kWh par an d'énergie renouvelable utile réduira les émissions des GES de 0,12 tonnes d'ECO<sub>2</sub> par an, soit 0,00012 Gg d'ECO<sub>2</sub> par an et par ménage.

Selon le Rapport d'analyse d'atténuation des émissions anthropiques des GES, publié en août 2001, il a été estimé qu'environ 5 000 ménages ruraux par an pourraient utiliser l'énergie solaire, pour l'éclairage. Une telle option se traduirait en une réduction des GES de 0,6 Gg d'ECO<sub>2</sub> par an, soit 12 Gg d'ECO<sub>2</sub> sur la durée de vie d'un kit PV.

#### **IV.2.5. Utilisation des digesteurs à biogaz.**

La technologie du biogaz conduit à l'oxydation du CH<sub>4</sub> pour former du CO<sub>2</sub> dont le potentiel de réchauffement global est considérablement bas. Elle a également d'autres avantages comme la génération d'énergie, la production de fertilisant propre, l'assainissement du milieu, etc.

L'adoption de cette technologie pourrait réduire une quantité de CH<sub>4</sub> estimée à 8,6 Gg à la fin de 2050, soit 2,57 % des émissions totales de CH<sub>4</sub> imputables au bétail domestique.

#### **IV.2.6. Augmentation de la production et de l'utilisation de l'hydroélectricité.**

Cette option nécessite la construction et la mise en service de nouvelles centrales hydroélectriques à Mpanda, Kabu 16 et Mule 34 d'ici l'an 2010.

Le programme de développement des infrastructures hydroélectriques élaboré à l'aide du modèle d'optimisation HILLMIX, prévoit des investissements d'un coût de 38 588 840 millions de dollars pour satisfaire la demande prévisionnelle d'ici l'an 2010 (Audit Technique de l'Outil de Production de la Regideso. Rapport sur l'électricité, juin 2001).

#### **IV.2.7. Substitution des divers combustibles par le gaz butane.**

C'est une option à long terme. En effet, cette source d'énergie n'est pas consommée par les ménages ruraux burundais et est peu commercialisée. Son introduction et sa vulgarisation nécessitent une étude de faisabilité.

#### **IV.2.8. Diffusion et vulgarisation des séchoirs solaires.**

*C'est une option à long terme qui présente beaucoup d'avantages au niveau de l'amélioration de la conservation des produits agricoles et des produits de pêche. Elle a été déjà expérimentée au Burundi avec quelques succès auprès des ménages ruraux et de certaines activités artisanales (séchage du poisson et des produits maraîchers). Elle pourrait contribuer à la réduction des gaz à effet de serre surtout dans le préséchage du thé dans les usines théicoles qui recourent surtout à l'utilisation d'une quantité considérable du bois.*

Le tableau ci-dessous fait une comparaison des différentes options en termes d'émissions de GES évitées.

**Tableau 1. : Tableau comparatif des options technologiques en terme d'émissions évitées.**

Type de technologie	Emissions de GES évitées
1. Amélioration du système de carbonisation	1 622 Gg de CO <sub>2</sub> à l'an 2005
2. Diffusion et vulgarisation des foyers améliorés à bois	60 Gg de CO <sub>2</sub> à l'an 2005
3 Diffusion et vulgarisation des foyers améliorés à charbon de bois	88 Gg de CO <sub>2</sub> à l'an 2005
4. Electrification décentralisée par système photovoltaïque	12 Gg de CO <sub>2</sub> /ménage/20 ans
5. Utilisation de digesteurs à biogaz	8,6 Gg de CH <sub>4</sub> à l'an 2050
6. Augmentation de la production et de l'utilisation de l'hydroélectricité	-
7. Diffusion et vulgarisation des séchoirs solaires	-

Le tableau montre que l'on peut éviter beaucoup d'émissions de CO<sub>2</sub> avec les options visant à améliorer le système de carbonisation, diffuser et vulgariser les foyers améliorés à bois et à charbon de bois, à moindre coût et à court terme.

A long terme, les options pour l'énergie photovoltaïque, l'hydroélectricité et l'utilisation du gaz butane sont prometteuses.

#### **IV.3. Analyse comparative des options en terme de contribution aux objectifs politiques et de viabilité économique.**

Une analyse de la contribution des technologies identifiées à la réalisation des objectifs sélectionnés a conduit à la matrice présentée dans le tableau IV.2. Les chiffres indiqués qui varient de 0-5 signifient qu'une technologie donnée contribue faiblement (1-3) ou fortement (4-5), à atteindre tel objectif.

**Tableau IV.2 .Matrice de sélection des options technologiques de réduction des Emissions des GES en terme de contribution aux objectifs politiques et de viabilité économique**

Options technologiques	Contribution aux changements climatiques et à d'autres objectifs politiques et de viabilité économique						Total
	Création d'Emplois	Utilisation des ressources locales	Impacts environnementaux	Potentiel de réduction des GES	Coûts des invest./ équipements	Acceptabilité sociale	
1. Amélioration de système de carbonisation	2	3	4	4	4	3	20
2. Vulgarisation à grande échelle de foyer amélioré	3	2	3	3	5	5	21
3. Hydroélectricité	4	3	4	4	1	5	21
3.Utilisation du gaz	1	0	2	1	1	2	8
3. Utilisation du biogaz	1	4	2	2	2	2	13
6.Kits photovoltaïques	2	3	3	3	1	3	15
7. Utilisation des séchoirs solaires	2	2	2	2	1	2	11

L'analyse des options technologiques de réduction des émissions de GES issues du secteur résidentiel faite à la lumière de ces critères montre que les options prioritaires pour lesquelles des actions préliminaires pourraient être menées sont :

- (i) l'amélioration du système de carbonisation ;
- (ii) la vulgarisation des foyers améliorés à bois et à charbon de bois ;
- (iii) l'augmentation de la production et de l'utilisation de l'hydroélectricité.

L'électrification des ménages ruraux par des kits photovoltaïques est une alternative à l'hydroélectricité dont le coût d'investissement est trop important.

#### **IV.4. Analyse comparative des coûts pour l'utilisation des nouvelles technologies.**

Dans le sous-secteur résidentiel l'utilisation du pétrole lampant pour l'éclairage coûte moins cher que celle de l'énergie solaire ou de l'énergie hydroélectrique.

En ce qui concerne la cuisson, le recours aux foyers à bois ou à charbon de bois coûte moins cher que l'utilisation d'une cuisinière solaire ou électrique (hydroélectricité) comme le montre le tableau ci-dessous.

**Tableau IV.3. : Coûts comparés de l'utilisation de nouvelles technologies.**

##### **1. ECLAIRAGE.**

<b>Types d'équipements</b>	<b>Coûts (FBU) en 20 ans</b>
1. Lampe à pétrole	164 340
2. Kits photovoltaïques	1 650 000

##### **2. CUISSON.**

<b>Types d'équipements</b>	<b>Coûts en (FBU) sur 15 ans</b>
1. Foyer à charbon de bois	1 646 700
2. Cuisinière solaire	2 064 000
3. Cuisinière à gaz	-
4. Cuisinière électrique	31,57 FBU/kWh

Source : ENERSO, Evaluation du potentiel de l'énergie solaire au Burundi  
Rapport provisoire. Août 2002.

## V. BARRIERES CONTRE UNE LARGE ADOPTION DES TECHNOLOGIES DE REDUCTION DES EMISSIONS DE GES DANS LE SOUS-SECTEUR RESIDENTIEL ET MESURES POUR LES SURMONTER.

Les barrières qui entravent une large adoption des technologies qui pourraient permettre une réduction des émissions des GES dans le sous secteur résidentiel sont indiquées ci-dessous et par option technologique. Elles sont dans la plupart de cas d'ordre technique et financier. Les mesures pour surmonter existent et sont surtout d'ordre technique et politique.

### Option technologique n°1. : Amélioration du système de carbonisation.

Barrières	Mesures
<p><b>Barrières techniques</b></p> <p>- Les techniques de construction et d'exploitation des fours à haut rendement ne sont pas connues, (fours modèle « Cornu de Cotonou »).</p>	<p>- Former les charbonniers en techniques de construction et d'exploitation des fours à haut rendement.</p> <p>- Renforcer les capacités des encadreurs en technique de carbonisation.</p> <p>- Vulgariser l'utilisation des fours à haut rendement en milieu rural.</p>

### Option technologique 2. : Diffusion de foyers améliorés à bois et à charbon.

Barrières	Mesures
<p><b>1. Formation-Information-Recherche-Développement</b></p> <p>- La plupart des artisans n'ont pas la formation requise d'où les produits sont de mauvaise qualité</p>	<p>Amélioration du cadre institutionnel (autonomie de gestion du CEBEA).</p> <p>Renforcement des services publics chargés de l'introduction et de la vulgarisation de nouveaux équipements et nouvelles technologies (ex. le CEBEA).</p>
<p>- La majeure partie de la population ignore l'existence de foyer amélioré.</p>	<p>Formation des artisans-fabricants de foyers pour une production accrue et de bonne qualité.</p> <p>Formation du personnel technique dans des centres spécialisés comme la Kenyatta University-Appropriate Technology Centre (KU-ATC).</p>

<p><b>3. Marché.</b></p> <p>- Le pouvoir d'achat des populations est très faible. Elles préfèrent acheter les foyers moins chers peu performants.</p>	<p>Subvention en faveur des associations d'artisans à travers des projets de développement ou des initiatives des ONG.</p>
<p>- La matière première est constituée par de la tôle de récupération de mauvaise qualité qui affecte la durée de vie des équipements fabriqués.</p>	

**Option technologique 3. : Augmentation de la production et de l'utilisation de l'hydroélectricité.**

<b>Barrières</b>	<b>Mesures</b>
<p><b>Barrières financières.</b></p> <p>- Coûts d'investissements pour l'extension des réseaux et la construction de nouvelles centrales élevées.</p>	<p>Recherche des financements nécessaires. Renforcement de la coopération bilatérale et multilatérale</p>
<p>- Coûts des équipements électriques ne sont pas à la portée d'une grande partie de la population.</p>	<p>Allègement du poids fiscal sur les équipements électriques</p>
<p>- Les frais de consommation de l'énergie électrique ne sont pas à la portée d'une grande partie de la population.</p>	<p>Allègement des conditions d'abonnement et de paiement des factures d'électricité</p>
<p><b>Barrières socio-culturelles.</b></p> <p>- L'habitat dispersé ne permet pas l'extension des réseaux électriques à une grande partie de ménages.</p>	<p>Encouragement du regroupement de l'habitat en village</p>
<p>- Les habitudes culinaires des burundais qui consomment souvent des aliments secs nécessitant un long temps de cuisson.</p>	

**Option technologique 4. : Electrification des ménages ruraux par des kits photovoltaïques.**

<b>Barrières</b>	<b>Mesures</b>
<b>1. Barrières techniques.</b>	
- Manque de main d'œuvre qualifiée, faible capacité de conception, d'opération et de maintenance du système.	Formation des ressources humaines existantes et transfert du savoir utiliser (show-how) et du savoir-faire (know-how).
- Méconnaissance des normes techniques exigées et relatives aux installations des systèmes solaires.	Mise sur pied d'un système de normes de qualité, voire même un système de certification des équipements solaires.
- Incertitude sur les performances des installations solaires.	Renforcement du système de communication.
- Des programmes d'extensions des réseaux électriques en milieu rural incertains ou irréalistes.	Mise sur pied d'une planification de l'électrification rurale objective qui tient compte de l'extension du réseau électrique et de la demande en systèmes solaires.
<b>2. Barrières d'ordre financier</b>	
- Coût initial élevé face à une faible capacité de paiement	Allégement fiscal sur les équipements destinés à la production de l'énergie solaire.
- Barrières liées au crédit bancaire.	Amélioration des conditions pour l'accès au crédit (baisse des taux d'intérêts,...)

**Option technologique n°5. Utilisation de digesteurs à biogaz.**

<b>Barrières</b>	<b>Mesures</b>
- Les techniques de constructions des digesteurs à biogaz ne sont pas bien maîtrisées par les artisans du milieu rural.	Vulgarisation des techniques de construction de digesteurs à biogaz en milieu rural.
- Les équipements pour l'utilisation du biogaz ne sont pas disponibles sur le marché local.	Promotion de l'importation des équipements utilisant le biogaz
- Les coûts de construction des digesteurs à biogaz sont très élevés par rapport au pouvoir d'achat d'une grande partie des populations.	Adoption de mesures visant à faciliter l'accès au crédit aux populations rurales voulant installer des digesteurs à biogaz.
- Le potentiel de la matière première disponible dans tout le pays n'est pas connu.	Mener des enquêtes pour avoir des données statistiques fiables sur la disponibilité des déchets animaux.
- La plupart de ménages ne pratiquent pas de l'élevage du gros bétail et par conséquent ne peuvent pas disposer de la matière première.	Encourager l'intégration agro-sylvo-zootechique et particulièrement l'élevage du gros bétail.
- Les populations burundaises ne sont pas bien informées sur le potentiel énergétique que représente le biogaz	Formation et sensibilisation de la population sur l'utilisation du biogaz.

**Option technologique n°6. Utilisation du gaz butane.**

<b>Barrières</b>	<b>Mesures</b>
- Le gaz utilisé est importé et son coût n'est pas accessible au pouvoir d'achat d'une grande partie de la population.	Allègement fiscal sur l'importation du gaz
- Le coût des cuisinières à gaz n'est pas accessible au pouvoir d'achat d'une grande partie de la population	Allègement fiscal sur l'importation des cuisinières à gaz
- La grande partie de la population burundaise n'est pas informée sur les potentialités de cette source d'énergie	Formation et sensibilisation de la population sur l'utilisation du gaz butane.

**Option technologique n°7. Utilisation de séchoirs solaires.**

<b>Barrières</b>	<b>Mesures</b>
<b>Barrières techniques</b>  <i>La technologie du séchage solaire n'est pas encore bien connue au Burundi.</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Formation des cadres et techniciens en vue d'une maîtrise des techniques de séchage solaire.</li> <li>- Vulgarisation des techniques d'utilisation et de maintenance des séchoirs solaires.</li> </ul>
<b>Barrières d'ordre financier</b>  <i>Le coût d'acquisition des séchoirs solaires n'est pas à la portée de la grande majorité des ménages ruraux.</i>  <i>La transformation des usines de thé pour qu'elles puissent utiliser l'énergie solaire pour le préséchage du thé pourrait se révéler d'un coût énorme</i>	<p><i>Adoption des mesures visant à alléger le poids fiscal sur les équipements solaires importés de l'étranger.</i></p> <p><i>Recherche de subvention pour supporter les coûts d'une conversion.</i></p>
<b>Barrières d'ordre sociologique</b>  <i>Les séchoirs solaires étant une technologie nouvelle, leur taux d'adoption pourrait être assez réduit.</i>	<i>Sensibilisation de la population rurale en vue d'une large utilisation des séchoirs solaires.</i>

## **VI. PLAN D' ACTIONS DE TRANSFERT DES TECHNOLOGIES DE REDUCTION DES EMISSIONS DES GES DU SOUS-SECTEUR RESIDENTIEL.**

Le plan d'action de transfert des technologies de réduction des émissions des GES dans le sous-secteur résidentiel répond également aux objectifs de développement et qui consistent à :

- (i) satisfaire les besoins en énergie domestique tout en sauvegardant l'environnement ;
- (ii) faciliter l'accès d'une grande partie à l'énergie moderne ;
- (iii) sensibiliser le grand public à l'utilisation rationnelle de l'énergie domestique ;
- (iv) promouvoir des équipements électriques dans le secteur résidentiel.

Plusieurs actions concrètes sont envisagées et figurent en annexe 1.

La mise en œuvre de ce plan nécessitera beaucoup d'engagement au niveau national et l'appui technique et financier et la coopération internationale.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES SELECTIONNEES.

0. AFRICAN REGIONAL CENTER FOR SOLAR ENERGY, Work Programme 1989, Plus Biennium 1990/1991.
1. AGENCE FRANCAISE POUR LA MAITRISE DE L'ENERGIE, Comment évaluer vos investissements, Tome Energie n°1, juin 1989.
2. BANQUE DE LA REPUBLIQUE DU BURUNDI, Rapport annuel 2002.
3. CHRISTOPHE DE COUVELLO et MAIGRE Y., L'électrification rurale décentralisée. Guide technique, décembre 2000.
4. CONSEIL MONDIAL POUR L'ENVIRONNEMENT, l'énergie pour le monde de demain, le temps de l'action. Déclaration 2000.
5. DEPARTMENT OF PLANNING AND ECONOMIC DEVELOPMENT, Guide book on Photovoltaic Application in Hawaii. October 1998.
6. DIRECTION GENERALE DE L'EAU ET DE L'ENERGIE, Bilans énergétiques et Statistiques de l'eau, 2000.
7. FOUGA P. et NDARUSIGIYE S. , Acceptabilité des séchoirs solaires au Burundi. Université du Burundi, CRUEA, 1984.
8. GAY J. et JACK L. ; Nineteenth IEE Photovoltaic specialists Conférence. New Orleans, Louisiana, May, 4-8 1987.
9. JOHN A ; DUFFIE, WILLIAM A. BECKMAN, Solar Engineering of thermal process. University of Wisconsin. Modison.
10. MINISTERE DE L'EDUCATION NATIONALE, Politique Sectorielle. Bujumbura, mars 2002.
11. MINISTERE DE L'ENERGIE ET DES MINES.
  - Politique sectorielle 2002-2004. Bujumbura, avril 2002.
  - Rapport sur l'évaluation des systèmes solaires installés dans le pays. Bujumbura, décembre 2001.
12. MINISTERE DE LA SANTE PUBLIQUE, Service de l'épidémiologie et des statistiques sanitaires. Rapport annuel provisoire d'activités curatives et préventives dans les centres et les hôpitaux. Bujumbura, 2001.
13. NKURUNZIZA F., Enquête sur la consommation d'énergie au Burundi, octobre 1994.

14. PROJET BDI/98/G32, Communication Nationale sur les Changements Climatiques.

- Première Communication Nationale, Août 2001
- Inventaire des gaz à effet de serre. Module : Energie, janvier 2000.
- Analyse d'atténuation des gaz à effet de serre. Module : Energie.
- Etude de vulnérabilité et d'adaptation aux Changements Climatiques. Bujumbura, décembre 2001.
- Plan d'Action et d'adaptation aux changements climatiques. Bujumbura, décembre 2001
- Inventaires des émissions anthropiques des gaz à effet de serre au Burundi. Document de synthèse. Bujumbura, octobre 2000.

15. RURAKUBAGURA A. , TARRASOV V. , SINDAYIGAYA O.,  
Conception et réalisation d'un dispositif de mesure des paramètres d'un Etang Solaire. Université du Burundi, Faculté des Sciences, Département de Génie Mécanique. Bujumbura, octobre 1999.

16. SINDAYIGAYA O., A Design analysis program for solar Heate and passively CoolEd home in Burundi. A thesis submitted to the faculty of the Department of Nuclear and Energy Engineering. University of Arizon, 1987.

17. W.W.W. enerdev. org : Energies décentralisées dans les pays du Sud.

18. W.W.W. retsreen.ca : RETS creen International

19. W.W.W. : Solar cooking

