

REPUBLIQUE DU BURUNDI



MINISTRE DE L'EAU,  
DE L'ENVIRONNEMENT  
DE L'AMENAGEMENT DU  
TERRITOIRE ET DE L'URBANISME



PROGRAMME DES NATIONS UNIES  
POUR L'ENVIRONNEMENT

Projet EBT : « Evaluation des Besoins Technologiques pour l'Adaptation et l'Atténuation des émissions de Gaz à Effet de Serre »



Figure1. Structure d'une installation solaire photovoltaïque

RAPPORT PHASE 1 D'EVALUATION DES BESOINS EN TECHNOLOGIES  
D'ATTENUATION DES EMISSIONS DE GAZ A EFFET DE SERRE

Par

Diomède NYENGAYENGE, Consultant

Bujumbura, décembre 2016

## TABLE DES MATIERES

TABLE DES MATIERES.....	ii
Liste des annexes.....	vi
Liste des tableaux.....	vi
Liste des figures.....	vii
SIGLES ET ABREVIATIONS.....	viii
Résumé Exécutif.....	ix
CHAPITRE I. INTRODUCTION.....	1
1.1. Projet « Evaluation des Besoins Technologiques » (EBT).....	1
1.2. Circonstances nationales.....	3
1.2.1.Situation géographique.....	3
1.2.2. Situation socio-économique.....	3
1.2.2.Politiques de développement et de lutte contre le changement climatique.....	5
1.3. Sélection des secteurs prioritaires.....	12
1.3.1. Contribution à la production ou à la réduction des émissions de GES.....	12
1.3.2. Contribution au développement socio-économique.....	15
1.3.3. Processus de sélection des secteurs et résultats.....	16
CHAPITRE II. ARRANGEMENTS INSTITUTIONNELS ET IMPLICATION DES PARTIES.....	17
PRENANTES.....	17
2.1. Arrangements institutionnels.....	17
2.2. Implication des parties prenantes.....	20
CHAPITRE III. PRIORISATION DES TECHNOLOGIES DU SECTEUR DE L'ÉNERGIE.....	21
SOUS SECTEUR RESIDENTIEL.....	21
3.1.Emissions et technologies existantes dans le sous secteur résidentiel.....	21
3.2.Contexte de décision.....	22
3.3.Aperçu des options technologiques d'atténuation des émissions.....	23
3.3.1.Standardisation et optimisation des foyers améliorés.....	23
3.3.2.Méthanisation pour la production du biogaz.....	23

3.3.3. Standardisation, optimisation et diffusion des lampes à basse consommation énergétique .....	24
3.3.4. Captage et valorisation électrique de l'énergie solaire photovoltaïque.....	24
3.3.5. Séchage solaire.....	25
3.3.6. Aérogénération et valorisation de l'énergie éolienne.....	26
3.3.7. Multiplication et optimisation des microcentrales hydroélectriques.....	26
3.3.8. Uniformisation et optimisation des systèmes de carbonisation .....	26
3.4. Critères et processus de priorisation des technologies.....	26
3.4.1. Détermination des critères d'évaluation des performances des options technologiques .....	26
3.4.2. Notation et classement préliminaire des options technologiques .....	28
3.4.3. Standardisation et classement des options technologiques selon l'analyse dite « Analyse », (AMC).....	30
3.4.4. Pondération des critères d'évaluation et calcul des résultats .....	32
3.5. Résultats de la priorisation des technologies .....	32
3.5.1. Résultats de l'analyse multicritère .....	32
3.5.2. Examen des résultats de l'évaluation des technologies.....	33
3.5.3. Analyse de la sensibilité des résultats d'évaluation des technologies dans le Secteur de l'Energie.....	34
CHAPITRE IV. PRIORISATION DES TECHNOLOGIES DU SECTEUR DES DECHETS .....	35
4.1. Emissions et technologies existantes .....	35
4.2. Contexte de décision .....	36
4.3. Aperçu des technologies possibles d'atténuation.....	37
4.3.1. Méthanisation pour la production du biogaz.....	37
4.3.2. Optimisation des capacités des briquettes de biomasse .....	38
4.3.3. Recyclage des déchets organiques industriels.....	38
4.3.4. Compostage des déchets organiques.....	38
4.3.5. Recyclage des déchets métalliques .....	39
4.3.6. Valorisation des eaux usées à des fins agricoles .....	40
4.3.7. Incinération des déchets biomédicaux .....	41
4.3.8. Recyclage des déchets plastiques.....	41
4.3.9. Récupération du méthane aux décharge contrôlée.....	42
4.3.10. Epuration des eaux usées par lagunage.....	43
4.4. Critères et processus de priorisation des technologies.....	45

4.4.1.Détermination des critères d'évaluation des performances des options technologiques .....	45
4.4.2.Notation et classement préliminaire des options technologiques.....	45
4.4.3.Standardisation des options technologiques et classement des options technologiques selon.....	48
l'analyse dite « Analyse Multicritère », (AMC) .....	48
4.4.4.Pondération des critères et calcul des résultats, .....	49
4.5.Résultats de la priorisation des technologies dans le Secteur des Déchets.....	50
4.5.1.Résultats de l'analyse multicritère dans le Secteur des Déchets.....	50
4.5.1.Examen des résultats d'évaluation des technologies .....	50
4.5.2.Analyse de la sensibilité des résultats d'évaluation des technologies.....	51
CONCLUSION.....	52
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	54
ANNEXES .....	55
INTRODUCTION GENERALE.....	a
1.Standardisation et optimisation ;.....	a
2.Méthanisation pour la production du biogaz ;.....	a
3.Standardisation, optimisation, adaptation et diffusion des lampes à basse consommation ; .....	a
4.Captage et valorisation électrique de l'énergie solaire photovoltaïque ; .....	a
5.Séchage solaire ; .....	a
6.Aérogénération et valorisation électrique de l'énergie éolienne ;.....	a
7.Multiplication et optimisation des microcentrales hydroélectriques ; .....	a
8.Uniformisation et optimisation des systèmes de carbonisation. ....	a
Annexe1. Fiches technologiques .....	b
A. Secteur énergie.....	b
Fiche n°1« Standardisation et optimisation des foyers améliorés ».....	b
Fiche n°2.Multiplication et optimisation des microcentrales hydroélectriques .....	g
Fiche n°3.Captage et valorisation de l'énergie solaire.....	k
Fiche n°4. Standardisation, optimisation, adaptation et diffusion des lampes à basse consommation ...	o
Fiche n°5. Séchage solaire .....	r
Fiche n°7. Aérogénération de l'électricité .....	u
Fiche n°8. Standardisation et optimisation des systèmes de carbonisation du bois.....	x
B. Secteur déchets .....	aa

Fiche n°1. Méthanisation pour la production du biogaz .....	aa
Fiche n°2. Compostage des déchets organiques .....	gg
Fiche n°3. Optimisation des capacités des briquettes de biomasses à des fins énergétiques .....	ii
Fiche n°4. Incinération des déchets biomédicaux pour la production d'électricité .....	kk
Fiche n°5. Recyclage des déchets plastiques .....	mm
Fiche n°6. Recyclage des déchets organiques industriels .....	oo
Fiche n°7. Récupération du méthane à partir des décharges contrôlés .....	pp
Fiche n°8. Valorisation des eaux usées à des fins agricoles .....	qq
Fiche n°9. Recyclage des déchets industriels métalliques .....	ss
Fiche n°10. Epuration des eaux usées par lagunage .....	uu
Annexe2. Ordonnances portant nomination du comité de pilotage .....	aaa
Annexe3. Liste des parties prenantes.....	eee
Tableau n° 27. Liste des experts sectoriels .....	eee
Tableau n°28. Liste des parties prenantes par catégorie .....	eee
Annexe 4. Liste des présences aux ateliers et réunions TNA .....	ggg
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	mmm

## Liste des annexes

- Annexe1. Fiches technologiques
- Annexe2. Ordonnance ministérielle portant nomination du comité de pilotage EBT
- Annexe3. Listes des participants aux réunions
- Annexe4. Liste des participants aux ateliers et réunions

## Liste des tableaux

Tableau n°1. Synthèse des émissions de Gaz à Effet de Serre par type de gaz	ix
Tableau n°2. Synthèse des émissions de Gaz à Effet de Serre par secteur	ix
Tableau n°3. Indicateurs de croissance	4
Tableau n°4. Répartition de la valeur ajoutée	4
Tableau n°5. Liste des programmes et projets	12
Tableau n°6. Profil des émissions de Gaz à Effet de Serre au Burundi entre 2005 et 2030	13
Tableau n°7. Liste des technologies existantes	21
Tableau n°8. Résultats de la notation des options technologique dans le Secteur de l'Energie	29
Tableau n°9. Résultats de la standardisation des options technologiques dans le Secteur de l'Energie	31
Tableau n°10. Résultats de la Pondération dans le secteur de l'Energie	32
Tableau n°11. Classement des technologies dans le secteur de l'Energie	33
Tableau n°12. Tableau comparatif des résultats de la standardisation et de l'analyse multicritère dans le secteur de l'Energie	33
Tableau n°13. Synthèse des résultats des scenarii dans le secteur de l'Energie	34
Tableau n°14. Répartition des émissions sectorielles à l'horizon 2050	35
Tableau n°15. Bilan des émissions sectorielles à l'horizon 2050 en Gigagrammes d'Equivalent CO <sub>2</sub> selon le scénario de référence	35
Tableau n°16. Liste des technologies existantes	36
Tableau n°17. Résultats de la notation des options technologiques dans le Secteur des Déchets	47
Tableau n°18. Résultats de la standardisation des options du Secteur des Déchets	48
Tableau 19. Résultats de l'analyse multicritère « AMC »	50
Tableau n°20. Le classement des technologies dans le Secteur des Déchets	50
Tableau n°21. Tableau comparatif des résultats de la standardisation et de la pondération dans le Secteur des Déchets	
Tableau n°22. Synthèse des résultats des scenarii dans le Secteur des Déchets	51
Tableau n°23. Les installations par Système solaire PV réalisées depuis 2006 par la DGE	n
Tableau n°24. Les installations par Système solaire PV déjà réalisées par les partenaires	n
Tableau n°25. Etat des pertes d'électricité liées à la vétusté du réseau de transport et de distribution d'électricité	p
Tableau n°26. Energie produite et émissions générées	x
Tableau n°27. Liste des experts sectoriels	eee
Tableau n°28. Liste des parties prenantes par catégorie	eee

## Liste des figures

Figure1. Structure d'une installation solaire photovoltaïque	i
Figure2.Cadre institutionnel et organisationnel du Projet EBT	17
Figure3.Image illustrant les cérémonies d'ouverture de l'atelier de la priorisation des technologies	20
Figure4.Arbre à critères d'évaluation des options technologiques	27
Figure5. image visualisant la séance d'explication des travaux en commission pour la priorisation des technologies	28
Figure6. image visualisation les travaux de priorisation des technologies en commission du Secteur de l'Energie	28
Figure7.Schéma explicative du système d'épuration des eaux usées	44
Figure8. Image visualisant les travaux de priorisation des technologies en commission du Secteur des Déchets	46
Figure9-10. Modèles de foyers améliorés	c-f
Figure11a. Coupe Schématique d'une microcentrale hydroélectrique	h
Figure11b. Schéma illustrant le fonctionnement des microcentrales hydroélectriques	h
Figure12.Structure d'une installation solaire photovoltaïque isolé (a) et connectable au réseau(b)	l
Figure13.Structure d'une éolienne	v
Figure14.Schéma du principe de conversion d'une énergie	w
Figure15.Carte de répartition géographique des sites éoliens	w
Figure16.Schéma du principe d'une petite cuisine à biogaz	bb
Figure17.Schéma de fonctionnement d'un digesteur à biogaz	cc
Figure 18.Installation d'un biogaz	ff
Figure19.Four à carbonisation des briquettes à biomasse	jj
Figure20.Incinérateur des déchets biomédicaux	ll
Figure21.Machine pour broyer et filature des sachets plastiques	nn
Figure22.Machine mélangeuse	nn
Figure23.Modèle d'installation pour la récupération du méthane à la décharge	qq
Figure24.Fourneau pour la fusion du métal	tt
Figure25.Chaines de fourneaux reliés à la cheminée	tt
Figure26.Cheminée et bars de fers sortis des formats	tt
Figure27Structure de traitement des eaux usées	ww
Figure 27a.Aire de réception des camions	ww
Figure27b. Dégrillages grossiers	xx
Figure27c.Déssableurs	xx
Figure27d.3vis d'Archimède	xx
Figure27e. Canal de distribution	xx
Figure27 f, g et h. Bassin de traitement	yy

## SIGLES ET ABBREVIATIONS

AFRITAN	: Afrique Tannerie;
AFRITEXTILE	: Afrique Textile;
AJPE	: Association des Jeunes pour la Protection de l'Environnement;
Art	: Article
BRB	: Banque de la République du Burundi ;
BCS	:Burundi Cooking Stoves;
BCG	: Burundi Garbage Company;
Cdp	: Conférence des parties ;
DGAT	: Direction Générale de l'Aménagement du Territoire ;
CET	: Centre d'Enfouissement Technique ;
DGE	: Direction Générale de l'Energie ;
DBO5	: Demande Biologique en Oxygène pendant 5 jours :
FEM	: Fonds pour l'Environnement Mondiale ;
GEBT	: Guide pour l'Evaluation Technologique pour le changement climatique ;
Gg	: Giga gramme ;
HIMO	: Haute Intensité de Main d'œuvre ;
IMF	: International Monetary Fund ;
kWh	: Kilowattheure ;
LVMPII	: Lac Victoria Bassin Management Project II ;
LVWATSAN	: Lac Victoria Bassin Water Sanitation ;
MATET	: Ministère de l'Aménagement du Territoire, de l'Environnement et du Tourisme ;
MATT	: Ministère de l'Aménagement du Territoire et du Tourisme ;
MW	: Mégawatt ;
NAI	: Non Annexe I ;
OMD	: Objectifs pour le Développement du Millénaire ;
ONU	: Organisation des Nations Unies ;
PIB	: Produit Intérieur Brut ;
PROSECEAU	: Programme Sectoriel Eau;
REDD+	: Réduction des Emissions dues à la Déforestation, à la Dégradation des forêts, la conservation des stocks de carbone et le renforcement des stocks de carbone ;
REGIDESO	: Régie de Distribution de l'Eau et de l'Electricité ;
RGPH	: Recensement Général de la Population et de l'Habitat ;
RN	: Ressources Naturelles ;
SAN	: Stratégie Agricole Nationale ;
SINELAC	: Société Internationale d'Electricité des Pays des Grands Lacs ;
SNEL	: Société Nationale d'Electricité ;
SIDA	: Syndrome d'Immuno- Déficience Acquise ;
SOGEAB	: Société de Gestion de l'Abattoir de Bujumbura ;
TNAssess	: Technologies Needs Assessment;
Wc	: Watt crête.

## Résumé Exécutif

Au Burundi, les premières démarches pour l'évaluation des besoins technologiques pour la réduction des émissions anthropiques de gaz à effet de serre remontent à l'année 2001 avec l'élaboration de la Communication Nationale Initiale sur les changements climatiques (CNICC, 2001).

Comme cette dernière, la Seconde Communication Nationale sur les Changements Climatiques (SCNCC, 2010) montre les secteurs générateurs d'émissions, les différentes sources d'émissions et les différentes mesures d'atténuation dont les technologies. Concernant l'évaluation des émissions de GES, cinq secteurs d'activités économiques ont fait l'objet d'inventaire de gaz à effet de serre. Il s'agit des secteurs des procédés industriels, de l'énergie, de l'agriculture, du changement d'affectation des terres et de la foresterie ainsi que celui des déchets. Les tableaux n°1 et 2 donnent respectivement la synthèse des émissions par type de gaz et la répartition des émissions par secteur en Gigagrammes d'Equivalent CO<sub>2</sub>. Les émissions du secteur des procédés industriels ne sont pas mentionnées dans ces tableaux car elles sont très négligeables.

**Tableau n°1.** Synthèse des émissions en Gigagrammes d'Equivalents CO<sub>2</sub> (GgECO<sub>2</sub>) par type de gaz

Emissions	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	Total
Quantité émise	13166,37	584,57	25770,83	39521,77
Pourcentage	33,31	1,48	65,21	100

Source : Département de l'Environnement et du Changement Climatique, 2010

**Tableau n° 2.** Emissions sectorielles en GgECO<sub>2</sub>

Secteur	Emissions	Pourcentage
Energie	366,07	0,90
Agriculture	25916,26	65,57
ATCATF	13049,42	33,01
Déchets	200,02	0,51
Total	39521,77	100

Source : Département de l'Environnement et du Changement Climatique, 2010

Ces résultats montrent que le secteur de l'Agriculture occupe la première place avec 65,57% des émissions totales, le changement d'affectation des terres, la deuxième place avec 33,01%, les secteurs de l'énergie et des déchets étant respectivement 3<sup>ème</sup> et 4<sup>ème</sup> contribuent respectivement à 0,9 et à 0,51%.

Quant au rapport sur la contribution nationale aux efforts de réduction des émissions mondiales dénommé : « Contributions Prévue Déterminées au niveau National (CPDN) présenté à la COP21, il montre le niveau des émissions nationales de gaz à effet de serre, les engagements et les moyens à mettre en œuvre pour réduire ou maîtriser les émissions. Parmi ces moyens, le besoin en transfert des technologies d'atténuation est mis en évidence.

Les technologies d'atténuation identifiées dans ce cadre sont : (i) le reboisement ; (ii) la multiplication des microcentrales hydroélectriques ; (iii) la standardisation des fours de carbonisation et l'optimisation de leurs capacités, (iv) la standardisation des foyers à bois et à charbon de bois et l'optimisation de leurs capacités ; (v) le compostage des déchets organiques.

Dans le domaine de l'atténuation des émissions de GES, les principales orientations de la politique nationale sur le changement climatique sont la promotion des projets de réduction des émissions de GES et des projets de développement sobre en carbone.

Etant donné qu'elles détiennent des potentialités de contribution à l'accroissement des puits pour la séquestration du carbone et la réduction des sources d'émissions de gaz à effet de serre, leur mise en œuvre contribuera à la réalisation des activités prévues par la politique, stratégie et plan d'action du changement climatique.

Le reboisement contribuera à l'accroissement des puits pour la séquestration du carbone, tandis que les 4 autres technologies contribueront à la réduction des sources d'émission de gaz à effet de serre.

Cette mise en œuvre cadre parfaitement avec les activités stratégiques prévues par la politique sur le changement climatique en ce qui concerne la réduction des émissions de GES et le développement sobre en carbone. Il s'agit notamment de : (i) privilégier la mise en valeur du potentiel hydroélectrique et le développement des énergies renouvelables; (ii) Promouvoir les mesures d'économie d'énergie et d'efficacité énergétique ; (iii) intégrer l'électrification rurale par l'énergie solaire photovoltaïque dans les écoles ; (iv) promouvoir l'usage des foyers améliorés ; (v) formuler et mettre en œuvre des mesures nationales d'atténuation appropriées.

Les principaux bénéfices attendus de la mise en œuvre de ces technologies sont : (i) la réduction des émissions nationales de gaz à effet de serre ; (ii) l'accroissement de la contribution du Burundi à la réduction des émissions mondiales ; (iii) la réduction des charges financières liées à la consommation des combustibles polluant l'environnement ; (iv) la réduction du chômage et de la pauvreté suite à l'exploitation des opportunités d'emploi liées à la disponibilité de l'énergie électrique; (v) l'amélioration des revenus des ménages suite à l'exploitation des activités génératrices de revenus rendues possibles ou appuyées par la disponibilité de l'énergie électrique; (v) l'accroissement de l'économie nationale et (vi) l'amélioration du cadre de vie de la population.

Le projet « Evaluation des Besoins en Technologies d'atténuation des émissions de gaz à effet de serre » constitue une voie de solutions aux préoccupations de la communauté internationale en matière de transfert des technologies pour la mise en œuvre effective de la Convention « Cadre des Nations Unies sur les changements Climatiques ». La nécessité de mise au point et de transfert des technologies a été d'abord exprimée à travers la Convention Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques. Par la suite, il y eut un certain nombre de décisions dont :

- la décision 4/CP.7 relatif au cadre d'actions pour le transfert de technologie adoptée à Marrakech à l'issue de la COP7 en 2001 ;
- la décision 3 CP/13 de Bali en 2007, relative à la mise au point et au transfert des technologies dans le cadre de l'organe subsidiaire du conseil scientifique et technologique;
- la décision 2 CP. 14, 2008 portant adoption du Programme stratégique de Poznań sur le transfert des technologies ;

C'est dans ce contexte que le projet « Evaluation des Besoins en Technologies » fut initié par le Programme des Nations Unies pour le Développement (PNUD) en 2009. Au Burundi, ce projet arrive à point nommé. En effet, depuis l'élaboration de la première communication sur les changements climatiques en 2001 et même dans d'autres cadres, le Burundi avait toujours exprimé le besoin en évaluation des besoins en technologies tant pour la mise en œuvre des programmes que pour l'exécution des projets, mais il n'y avait jamais eu de suite favorable.

La venue du Projet « Evaluation des Besoins en Technologies » au Burundi, coïncide avec la phase de préparation de la mise en œuvre des grands programmes d'atténuation des émissions de gaz à effet de serre où les technologies sont très indispensables. Il s'agit notamment du programme REDD+, la CPDN, etc.

Comme les études d'atténuation et l'analyse des Contributions Prévues Déterminées à l'échelle Nationale (CPDN), l'Évaluation des Besoins en Technologies d'atténuation des émissions de GES s'inscrit dans le cadre de la mise en œuvre de la CCNUCC.

Cependant, cette dernière est plus détaillée que les études d'atténuation et des CPDN dans la mesure où elle va jusqu'à identifier les détenteurs des technologies et à impliquer plusieurs parties prenantes à plusieurs niveaux du processus de l'étude. Son objectif principal est la mise en évidence des options technologiques pour l'atténuation des émissions de GES qui répondent aux besoins nationaux en matière de développement socio-économique.

Elle a été réalisée selon la méthodologie consultative, participative et inclusive. Elle comprend la recherche documentaire, la consultation des membres du comité national, des experts sectoriels et des parties prenantes ainsi que des détenteurs de technologies au moyen des visites et / ou des ateliers.

La recherche documentaire a porté, entre autres, sur l'analyse des circonstances nationales et l'identification des liens entre le projet « EBT » et les politiques de développement socio-économique et du changement climatique. Cette analyse montre qu'il existe un cadre politique, légal et institutionnel qui appuie le développement et la mise en œuvre du projet « EBT ».

En effet, les principaux documents de la politique nationale prévoient le besoin et la nécessité du transfert des technologies ainsi que les domaines d'application respectifs. Le Gouvernement dispose en outre d'un cadre légal<sup>1</sup> et institutionnel adéquat pour la mise en œuvre du projet « EBT ».

Le présent rapport qui s'inscrit aussi dans la mise en œuvre de la CCNUCC s'articule autour de quatre chapitres. Le premier chapitre porte sur la présentation du projet « EBT », le contexte national, les politiques de développement socio-économique et la sélection des secteurs. Cette dernière activité a abouti au retenu de deux secteurs à savoir le secteur de l'Énergie et celui des Déchets.

Le deuxième chapitre porte sur les arrangements nationaux et l'implication des parties prenantes pour l'Évaluation des Besoins Technologiques pour le développement et la mise en œuvre du projet « EBT ».

Le troisième et le quatrième chapitre sont consacrés à la priorisation des technologies d'atténuation des émissions de GES. L'identification des critères pour le choix des technologies d'atténuation des émissions de GES a tenu compte des priorités nationales exprimées dans les principaux outils nationaux de planification dont la vision « Burundi 2025 » et le CSLPII ainsi que dans les politiques et stratégies sectorielles dont la politique et stratégie nationale sur le changement climatique. Cette identification a également tenu compte des engagements pris par le Gouvernement du Burundi dans le cadre de la CPDN.

Ainsi, sur une vingtaine de technologies recensées dans les deux secteurs sélectionnés, six seulement sont retenues. Dans le secteur de l'Énergie, les technologies retenues et priorisées sont par ordre d'importance décroissante : (i) la standardisation et l'optimisation des foyers à bois et à charbon de bois ; (ii) la multiplication et l'optimisation des microcentrales hydroélectriques ; et (iii) le captage et la valorisation des systèmes solaires photovoltaïques.

Quant au secteur des Déchets, il s'agit de : (i) la méthanisation pour la production du biogaz ; (ii) l'optimisation des capacités des briquettes de biomasse ; (iii) et le compostage. Pour chaque technologie, il a été élaboré une fiche technologique qui servira de base pour l'élaboration des projets et programmes visant à faciliter l'accès et le transfert des technologies au titre de la CCNUCC

---

<sup>1</sup> La CCNUCC et les textes de droit national (ex : Code de l'environnement, Code forestier, etc.)

## CHAPITRE I. INTRODUCTION

### 1.1. Projet « Evaluation des Besoins Technologiques » (EBT)

Comme tout programme, la mise en œuvre d'un programme d'atténuation des émissions nationales nécessite toujours une évaluation préalable des besoins. Ces derniers comprennent entre autres les moyens financiers, humains, matériels et techniques. Pour le cas d'espèce, il s'agit des besoins pour le développement et le transfert des technologies d'atténuation des émissions de gaz à effet de serre.

Le thème « transfert des technologies » est l'un des cinq piliers du plan de Bali (1Cdp13, 2007), un des principaux documents d'orientation pour mener des négociations sur les changements climatiques. Le transfert des technologies est l'un des thèmes qui fait objet de grands débats au cours de ces négociations étant donné son importance en matière d'atténuation des émissions de GES.

La Convention Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques (CCNUCC), l'un des trois accords multilatéraux internationaux sur l'Environnement issus de la Conférence des Nations Unies sur l'Environnement et le Développement (CNUED), (Barbier, 2004), constitue la principale base desdites négociations.

Elle a été signée par 192 pays lors du Sommet de la Terre tenu à Rio (Brésil) en 1992. Le Burundi l'a ratifiée le 6 avril 1996. Ainsi, ces pays dont le Burundi se sont engagés à stabiliser la concentration des gaz à effet de serre (GES) dans l'atmosphère (CCNUCC, Art4).

Dans ce cadre, les principales actions déjà menées portent particulièrement sur l'élaboration et la publication de deux communications nationales sur le changement Climatique respectivement en 2001 et 2010. Ces publications comprennent principalement des résultats d'études d'atténuation et de vulnérabilité ainsi que des informations sur les besoins en technologies pour la mise en œuvre de cette Convention.

Dans le même cadre, le Burundi a adhéré au programme REDD+. En 2015, Il a élaboré et publié la CPDN et a entrepris le processus d'élaboration de la troisième communication nationale sur le changement climatique et de mise en œuvre des engagements pris dans le cadre de la CPDN conformément aux recommandations issues de la Cdp21 tenue à Paris en novembre 2015. Prochainement, il compte mettre en œuvre les programmes REDD+.

Dans les deux derniers cas, il y a une nécessité d'évaluer les technologies afin d'honorer les engagements pris dans le cadre de la CPDN et mettre en œuvre les programmes qui seront proposés dans le rapport sur les résultats de cette communication. Il en est de même pour la mise en œuvre du programme REDD+.

Parmi les engagements pris, on peut citer (i) l'accroissement du taux de couverture forestière ; (ii) la substitution des foyers et fours traditionnels gaspilleurs d'énergie par des foyers et fours modernes économiseurs d'énergies ; (iii) l'amélioration du cadre de vie par la multiplication des centrales hydroélectriques.

Tel qu'exprimé dans le document de la CPDN, l'atténuation des émissions de GES requiert le renforcement des capacités financières, humaines, matérielles et technologiques. Ce projet constitue donc une opportunité pour le Burundi. Il permettra de connaître les technologies les plus performantes à la fois pour l'atténuation des émissions de GES et pour le développement socio-économique du Pays.

Ce projet permet d'identifier et d'évaluer les besoins en renforcement des capacités technologiques existantes et des besoins nécessaires pour développer et /ou importer de nouvelles technologies.

La mise en œuvre du projet « EBT » pour l'atténuation des émissions de GES au Burundi sera conforme aux orientations de la CCNUCC et s'appuiera sur certaines décisions de la Conférence des Parties en rapport avec le développement et le transfert des technologies.

Il s'appuiera aussi sur les politiques nationales en matière de développement socio-économique et de changement climatique décrites ci-après.

En effet, à travers l'article 4, paragraphe 5 de la CCNUCC, les Pays Parties invitent les pays développés à fournir aux pays en développement les moyens nécessaires pour accéder aux technologies et au savoir-faire nécessaires pour l'application effective de la Convention.

Ainsi, à travers la Cdp13, la Conférence des Parties adopte la décision 3/Cdp13 qui invite les parties Non Annexes I (NAI) à réaliser des évaluations des besoins technologiques et par décision 4CdP13, il fut précisé que les EBT qui font partie des nouvelles initiatives soient traitées dans le même cadre.

A l'issu des décisions 4/CP.13 et 2/CP.14, ils furent respectivement mis au point un programme stratégique sur l'augmentation des investissements pour le transfert des technologies et un programme stratégique de POZNAN sur le transfert des technologies afin d'aider les pays en développement à répondre à leurs besoins respectifs en technologies écologiquement rationnelles.

Le programme de POZNAN vise à permettre à toutes les parties de mieux cerner leurs besoins, de préparer des plans d'action technologique, et d'en faciliter la mise en œuvre coordonnée entre tous les acteurs concernés.

Il prévoit trois guichets de financement au sein du FEM pour l'appui au transfert de technologies, à savoir :

1. La réalisation d'évaluations des besoins technologiques (EBT) ;
2. Les projets pilotes de transfert de technologies qui en découlent ; et
3. La diffusion des expériences du FEM et des technologies écologiquement rationnelles ayant fait leurs preuves.

Le projet d'Evaluation des Besoins en Technologies (EBT) s'inscrit donc dans le cadre du Programme stratégique de Poznań sur le transfert des technologies. Il vise à appuyer les Pays parties en voie de développement à identifier et à analyser leurs besoins technologiques prioritaires en vue d'établir un Plan d'Action Technologique facilitant le transfert des technologies vertes et l'accès au savoir-faire pour la mise en œuvre de l'article 4.5 de la CCNUCC.

Il est exécuté en deux étapes. La première étape concerne les études d'Evaluation des Besoins en Technologies et la seconde porte sur l'étude et la mise en œuvre des projets identifiés à la première étape.

Sous la coordination du Coordonnateur national et du comité technique national et en collaboration avec les experts sectoriels et les parties prenantes, les études d'Evaluation des Besoins en Technologies sont réalisées par des consultants identifiés selon les procédures légales en vigueur au Burundi et conformément aux principes des Nations Unies en la matière.

Dans le domaine d'atténuation des émissions de gaz à effet de serre, les secteurs couverts par ce projet sont l'Energie et la Gestion des déchets. Les domaines d'interventions sont l'efficacité énergétique et la valorisation des énergies renouvelables dans le secteur de l'Energie ainsi que la valorisation des déchets dans le secteur gestion des déchets.

L'institution nationale principale responsable de la mise en œuvre de ce projet est le Ministère en charge de l'Environnement. Dans cette tâche, elle est appuyée au premier niveau par des institutions

publiques impliquées dans les programmes d'inventaire et d'atténuation des émissions de gaz à effet de serre.

Au deuxième niveau, sont interpellées les autres institutions publiques et les organisations non gouvernementales susceptibles d'être affectées par le projet ou ayant des influences positives ou négatives sur la mise en œuvre dudit projet ainsi que tous les partenaires au développement socio-économique et à la lutte contre le changement climatique.

## **1.2. Circonstances nationales**

### **1.2.1. Situation géographique**

Le Burundi est un pays montagneux d'Afrique à relief très varié. Son altitude varie entre 774 à 2600 mètres. Il est situé dans l'hémisphère Sud entre 2°20' et 4°27' de latitude sud et entre 28°50' et 30°53' de longitude Est et couvre 27 834 km<sup>2</sup> dont 25 200 Km<sup>2</sup> représentant la superficie terrestre.

Une grande partie des frontières du Burundi est formée des lacs et des rivières. A l'Ouest, il est bordé par le lac Tanganyika et la rivière Rusizi et au Sud-Est par la rivière Malagarazi. Tandis qu'au nord, ce sont la rivière Akanyaru et les lacs Cohoha et Rweru qui constituent les limites du Pays. Les pays limitrophes du Burundi sont la République Démocratique du Congo à l'Ouest et au Sud –Ouest, La République du Rwanda au Nord et la République Unie de Tanzanie à l'Est et au Sud-Est.

De par sa situation géographique, le Burundi jouit d'un climat tropical tempéré par l'altitude. Il bénéficie d'une insolation importante qui augmente avec la diminution de la nébulosité, des températures moyennes modérées et d'une bonne pluviométrie. Les régions de basses altitudes connaissent une longue durée d'ensoleillement, une brise du lac Tanganyika assez forte et régulière.

### **1.2.2. Situation socio-économique**

#### **❖ Economie**

L'analyse de la situation économique du Burundi a été basée dans un premier temps sur les contributions sectorielles à la croissance en termes de PIB et a été en deuxième temps élargie sur d'autres indicateurs de croissance.

Les principaux secteurs économiques actuellement exploités sont l'Agriculture, l'Industrie et l'Artisanat, la Foresterie et l'Energie. La revue documentaire montre que les secteurs de l'Agriculture, de la Foresterie contribuent respectivement à 40% et à 2% pour la formation du PIB (Burundi, 2012).

Elle montre en outre que les secteurs de l'industrie et de l'énergie contribuent respectivement à 18,3% (Banque mondiale, 2014) et à plus ou moins 4.6 % (1% par l'électricité) pour la formation du PIB (BRB, 2011).

Concernant l'offre d'emploi, la revue indique que l'Agriculture contribue à 90% pendant que la Foresterie ne contribue qu'à 2% (Burundi, 2012). Quant aux recettes issues de l'exploitation des sources d'énergie, sa répartition se présente comme suit : produits pétroliers (75%), le bois et le charbon de bois (20,7%), l'hydroélectricité (3,2%) et la tourbe (0,6%) (DGEE, 2008)

Sur base de cette répartition, on constate que les produits pétroliers sont plus commercialisés. Mais l'influence de leur contribution à la croissance économique est réduite par le coût d'importation qui grève fortement le budget national. Concernant le bois énergie, il joue certes un rôle très important dans la satisfaction des besoins énergétiques économiques, mais sa contribution à la croissance

économique paraît faible si l'on tient compte du nombre de ménages consommateurs de cette ressource. On pense que cela est dû à la méconnaissance de la part du bois énergie commercialisé.

Quant à l'hydroélectricité, elle est peu commercialisée ; sa consommation est de l'ordre de 25kWh/hab/an quand la moyenne africaine dépasse 500 kWh/hab/an (Parlement Burundais, 2012). Cette faible consommation d'électricité justifie la faible contribution du sous secteur de l'électricité à la croissance économique. S'agissant de la tourbe, son haut degré d'humidité et son niveau élevé de pollution constituent un frein à sa commercialisation ; c'est pourquoi sa contribution à la croissance économique est négligeable.

Concernant l'analyse élargie sur plusieurs indicateurs, les tableaux n°3 et 4 montrent respectivement les indicateurs de croissance et la répartition des contributions au PIB. Le tableau n°3 indique que toutes les valeurs d'indicateurs économiques évoluent positivement entre 2012 et 2014. Les chiffres présentés dans lesdits tableaux montrent que la croissance économique est en augmentation. Mais le taux du PIB oscille entre 4 et 4,7. Il reste inférieur à 7%, un taux préconisé pour réduire la pauvreté (CSLPII). Ceci conclut que la croissance économique reste faible malgré les augmentations enregistrées entre 2012 et 2014.

**Tableau n°3.** Indicateurs de croissance

Indicateurs de croissance	Année				
	2012	2013	2014	2015	2016
PIB (Mrd USD)	2,51	2,72	3,09	2,97	3,25
PIB (croissance annuelle en %, prix constant)	4	4,5	4,7	-7,2	5,2
PIB par habitant (USD)	286	303	336	315	337
Endettement de l'état	37,1	31,8	30,5	33,7	29,6
Taux d'inflation en %	18,2	7,9	4,4	7,4	6,2
Balance de transactions courantes (Mrd USD)	-0,43	-0,50	-0,55	-0,34	-0,31
Balance des transactions courantes en (% du PIB)	-17,3	-18,4	-17,6	-11,3	-9,7

Source: IMF-World Economic Outlook Database-2014

Note : (e) Données estimées.

Concernant le PIB au prix courant du marché évalué à 2,51 milliards de dollars en 2012, il faut noter qu'il est composé des contributions réparties comme suit : secteur primaire (43%) ; secteur secondaire (16%) et secteur tertiaire (35%). La plus grande contribution est fournie par le secteur primaire.

**Tableau n°4.** Répartition de la valeur ajoutée

Répartition de l'activité économique	Agriculture	Industrie	Services
Valeur ajoutée (% du PIB)	3,9	18,3	42,4
Valeur ajoutée (croissance annuelle en %)	3,3	8,0	4,4

Source: Banque Mondiale, 2014

Le tableau n°4 indique que le secteur des services a une part importante dans la contribution à la croissance économique. Ce secteur prend le dessus sur les secteurs secondaires et primaires en matière de contribution à la croissance économique. Autrement dit, le secteur tertiaire est en expansion par rapport aux autres secteurs.

L'analyse de ce qui précède montre que le secteur tertiaire est aujourd'hui plus actif que les autres (tableau n°4). En outre, elle montre que le secteur primaire dominé par l'Agriculture reste la base de développement économique compte tenu de sa contribution à la formation du PIB et à l'offre d'emploi. Dans ces conditions, l'économie Burundaise restera toujours fragile et vulnérable ; ce qui place le Burundi dans la catégorie des pays moins avancés.

Les principales causes de cet état étant l'irrégularité des productions agricoles, la faible industrialisation, le mauvais état des infrastructures d'énergies et de communication ainsi que l'insuffisance des technologies de transformation de la matière première et les variations des cours mondiaux..

Dans le but d'accéder à un développement durable, le Gouvernement du Burundi vise à porter à 10% la croissance économique à l'horizon 2025. Pour atteindre cet objectif, il compte entre autres renforcer les capacités contributrices des secteurs porteurs de croissance dont l'agriculture, les mines, les services, le transport, la communication et l'énergie. Il compte également sur l'implication effective du secteur privé.

### ❖ **La population et ses impacts sur l'environnement**

Le Burundi est l'un des pays les plus peuplés d'Afrique. Le taux d'accroissement démographique qui a passé de 1,5% en 1950 à 2,62 % en 1990, a atteint 3% en 2008. Avec un taux d'accroissement annuel estimé à 3,2%, cette population aurait atteint 9 849 569 habitants en 2014 (ONU, 2014) avec une densité moyenne de 372 hab/km<sup>2</sup>. En 2015, elle était estimée à 9 823 828 habitants (ISTEEBU, 2013)<sup>2</sup>.

Cet accroissement extrêmement rapide entraîne la croissance de la demande en ressources naturelles (terres, eaux et forêts, etc) pour l'habitat, l'agriculture, l'énergie pendant que l'amélioration des technologies de conservation des produits agricoles et de transformation de la matière première ne suit pas le même rythme. Cette situation a pour conséquence la dégradation de l'environnement et de ses ressources, l'accroissement des déchets et des dépenses financières.

Pour faire face à cette situation, le Gouvernement du Burundi vise à porter de 2,4 à 2%, le taux annuel de croissance démographique en 2025(CSLPII). En matière d'hygiène et d'assainissement, il vise à faciliter l'accès aux services de santé tout en réservant une attention particulière à la réduction de la vulnérabilité notamment par l'amélioration de la salubrité du milieu, de l'accès à l'eau potable, etc.

### **1.2.2.Politiques de développement et de lutte contre le changement climatique**

Dans le but de bien planifier et suivre le développement socio-économique et faire face aux effets néfastes du changement climatique, le Burundi s'est doté d'outils politiques dont les plus importants sont la vision « Burundi 2025 » et le Cadre Stratégique de Croissance et de Lutte contre la Pauvreté, deuxième génération, (CSLPII, 2012). Ce dernier étant une traduction du premier en projets et programmes à moyen et à court terme.

La Vision « Burundi 2025 » identifie les principaux défis et fixe les grandes orientations de la politique nationale du Burundi en matière de développement durable. Sa mise en œuvre est opérationnalisée par le Cadre Stratégique de lutte contre la Pauvreté(CSLPII) à travers les politiques et stratégies sectorielles.

---

<sup>2</sup> Institut des Statistiques et d'Etudes Economiques du Burundi, Rapport des projections démographiques, 2013

L'analyse documentaire menée sur les différents documents de politiques de développement socio-économique et du changement climatique a permis d'identifier un certain nombre de politiques et stratégies dont les unes interviennent dans la gestion des secteurs identifiés prioritaires pour l'évaluation des besoins technologiques d'atténuation à savoir l'énergie et les déchets.

### **1.2.3.1. Secteur de l'énergie**

Les politiques présentant des orientations stratégiques sur le secteur de l'énergie sont mentionnées au niveau des documents de politique qui suivent :

- a) la vision « Burundi 2025 » ;
- b) le Cadre Stratégique de lutte contre la Pauvreté CSLPII;
- c) la politique de l'énergie ;
- d) la politique nationale de diffusion des énergies renouvelables ;
- e) la politique forestière et
- f) la Politique nationale sur le changement climatique (transversale).

#### **a) La vision « Burundi 2025»**

Selon la vision « Burundi 2025 », le Gouvernement du Burundi compte améliorer l'accès aux sources d'énergie fiables, propres et à des prix compétitifs pour l'usage domestique et fournir de l'énergie en quantité suffisante pour des activités économiques telles que les activités industrielles, artisanales et minières.

Dans ce cas, les stratégies adoptées sont respectivement l'amélioration de la filière bois –énergie et l'implication du secteur privé dans le secteur de l'énergie pour l'exploitation des ressources hydroélectriques et la promotion des énergies alternatives en privilégiant l'énergie solaire, le biogaz, l'éthanol et l'énergie éolienne.

#### **b) Le CSLPII**

A travers le CSLPII, il est reconnu l'importance de l'énergie pour le bien être de la population et la croissance économique. En effet, l'énergie est à la fois, un facteur de production et d'appui des autres secteurs porteurs de croissance.

Ce document de politique indique que l'accès à une quantité d'énergie suffisante d'énergie est essentiel pour répondre aux besoins de base pour une croissance économique et un développement durable, il s'agit notamment de : i) la mécanisation de l'Agriculture et la conservation des produits agricoles, ii) l'extraction et la transformation des minerais, iii) le développement et la diversification des activités économiques, iv) la création d'un meilleur climat des affaires propice aux investissements du secteur privé et v) l'amélioration des systèmes d'éducation et de santé.

#### **c) Politique nationale de l'énergie au Burundi**

Jusqu'en 2006, le secteur de l'énergie a été toujours géré sur base d'une politique sectorielle. Face à une forte demande et croissante de la population en énergie moderne, à une dégradation des ressources forestières liées à l'usage excessif du bois énergie, aux impacts économiques des produits pétroliers sur l'équilibre économique et tenant compte des orientations de la nouvelle politique nationale définies à travers le CSLPI de 2006, cette politique s'est avérée désuète (MEM, 2006).

Pour ces raisons, il y avait donc une nécessité d'élaborer une politique nationale qui devrait s'harmoniser avec les politiques énergétiques régionales dont la stratégie énergétique élaborée dans le cadre de la Communauté Est Africaine dont le Burundi est membre en vertu de la loi n° 1/08 du 30 juin 2007.

Les objectifs de la politique énergétique sont : (i) faciliter l'accès du plus grand nombre de la population aux sources d'énergie moderne ; (ii) fournir de l'énergie en quantité suffisante pour les activités industrielles, artisanales et minières et (iii) satisfaire les besoins domestiques essentiels en énergie. L'analyse de ces trois objectifs montre que la politique énergétique contribue à la fois à la croissance économique et à la lutte contre le changement climatique.

En effet, le premier objectif montre que le Gouvernement vise à accroître le taux d'accès à l'électricité et limiter la consommation des énergies traditionnelles composées principalement du bois et du charbon de bois intervenant à plus de 95% (DGEE, 2008) dans la consommation énergétique nationale. Par conséquent, cet objectif contribue à atténuer les émissions de gaz à effet de serre liées à la dégradation de l'environnement due à l'utilisation de ces énergies traditionnelles.

Cet objectif est d'autant plus intéressant pour la présente étude que sa vision est conforme à la politique du Gouvernement en matière de gestion rationnelle de la ressource bois dans son ensemble et de la réduction des émissions de gaz à effet de serre. En effet, cette vision a pour priorité principale, le développement des énergies modernes basées sur des centrales hydroélectriques et des énergies renouvelables, ce qui est une des principales options stratégiques envisagées dans le cadre de cette étude dont l'objet est l'atténuation des émissions de GES.

Quant au deuxième objectif, il vise le développement économique. Enfin, le troisième objectif vise l'accroissement de l'offre en énergie pour des besoins domestiques.

#### **d) Politique nationale de diffusion des énergies renouvelables**

Le document de politique nationale en matière de diffusion des énergies renouvelables fait état de la problématique de gestion du secteur de l'énergie. Il montre également les objectifs fixés pour faire face au problème énergétique national. Il s'agit notamment de:

1. Faciliter l'accès d'une plus grande partie de la population aux sources d'énergie moderne ;
2. Fournir de l'énergie en quantité et en qualité suffisante pour les activités artisanales et Industrielles ;
3. Satisfaire les besoins domestiques essentiels en énergie tout en veillant à la sauvegarde de l'environnement.

Parmi les mesures envisagées on peut citer :

1. L'information et la sensibilisation de la population en vue d'une large adoption de nouvelles technologies de l'énergie solaire notamment pour l'éclairage et la cuisson ;
2. La sensibilisation des importateurs sur les prototypes des équipements en énergie solaire en particulier, et en énergies renouvelables, en général, adaptés aux besoins de notre population ;
3. Le renforcement des capacités humaines et institutionnelles ;
4. La mise en place d'un cadre légal et incitatif ;
5. Le regroupement de l'habitat en villages ;
6. La promotion de la coopération internationale ;
7. L'amélioration des conditions d'accès au crédit et l'allègement du poids fiscal sur les équipements solaires.

### **e) Politique forestière nationale du Burundi**

La vision de cette politique est libellée comme suit : « A l'horizon 2025, la contribution du secteur forestier à la satisfaction des besoins des communautés et à l'économie nationale à travers une gestion durable des forêts est améliorée ».

L'objectif général consiste à contribuer à la pérennisation des ressources forestières existantes et au développement de nouvelles ressources pour assurer les besoins socio-économiques et écologiques des populations présentes et futures.

#### **Les objectifs spécifiques de la politique sont :**

(i) planifier le développement du secteur forestier en vue de répondre aux besoins des populations et du pays tout en pérennisant la ressource ; (ii) développer et gérer rationnellement les ressources forestières : porter le taux de couverture forestière à 20% en 2025 ;(iii) valoriser les ressources forestières;(iv) renforcer les capacités institutionnelles, individuelles et systémiques.

De la vision, aux l'objectifs spécifiques de la politique forestière, le document de cette politique indique que le Gouvernement est très préoccupé par la gestion durable de la ressource forestière pour la satisfaction des divers besoins actuels dont le bois-énergie pour la cuisson des aliments. Dans le but de renforcer la gestion de cette ressource, la promotion des énergies renouvelables, une des actions de la mission du Ministère en charge de l'Energie est intégrée dans le plan d'action de cette politique.

En outre, les préoccupations en matière de lutte contre le changement climatique et de développement par la promotion de la croissance économique sont respectivement bien exprimées à travers la formulation des objectifs spécifiques (2) et (3) de cette politique.

### **1.2.3.2. Secteur des déchets**

Les politiques qui interviennent dans la gestion des déchets sont : le CSLPII, la Politique nationale d'assainissement et la Politique nationale sur le changement climatique (transversale).

#### **a)Le CSLPII**

La gestion des déchets est comprise comme un problème environnemental susceptible de dégrader l'environnement et le cadre de vie. Elle est donc souvent traitée comme tel. A travers le CSLPII, le Gouvernement promet d'améliorer le taux d'accès de la population à un service public d'hygiène et d'assainissement. Selon la même source, il promet en outre l'amélioration de la salubrité du milieu et de l'accès à l'eau potable afin de réduire la vulnérabilité liée à l'insalubrité du milieu et prévenir la prolifération des déchets liés aux maladies consécutives à l'insalubrité.

#### **b) Politique Nationale d'Assainissement**

La Politique Nationale d'Assainissement (PNA) est appelée à résoudre un certain nombre de problèmes liés à la gestion des déchets d'origine et d'impacts divers, raison pour laquelle les objectifs globaux fixés ou à attendre dans le cadre de cette politique visent à la fois le développement socio-économique, la préservation de l'environnement et l'amélioration du cadre de vie. Il s'agit entre autres de :

(i) lutter contre la pauvreté ; (ii) promouvoir l'égalité des sexes ; (iii) réduire la mortalité infantile ; (iv) combattre le paludisme et les maladies liées à l'insalubrité ; (v) intégrer les principes du

développement durable ; (vi) améliorer les conditions de vie des populations vivant dans une insalubrité notoire.

L'objectif spécifique de la PNA vise à augmenter le taux d'accès à un meilleur service public d'assainissement. Il est formulé comme suit : « l'accès de tous les habitants du Burundi à un service public de l'assainissement géré de manière durable, efficace et respectueux de l'environnement, de la santé humaine et des droits humains fondamentaux est amélioré ».

Cette politique s'articule autour de 8 axes stratégiques qui concourent à l'atteinte de l'objectif spécifique ci-avant indiqué. Il s'agit de : (i) renforcement du cadre légal et institutionnel ; (ii) renforcement des capacités professionnelles ; (iii) promotion de l'hygiène à tous les niveaux ; (iv) amélioration de la gestion des déchets liquides ; (v) amélioration de la gestion des eaux pluviales ; (vi) amélioration de la gestion des déchets solides ; (vii) amélioration de la gestion des déchets spéciaux ; (viii) réduction de la pollution atmosphérique. Mais seuls les 5 derniers semblent plus intéressants pour la présente étude ; ils sont sous tendus par des objectifs plus précis. Ceux-ci sont libellés par axe comme suit :

### **Axe1. Amélioration de la gestion des déchets liquides**

Le diagnostic de l'état des lieux fait dans le cadre de l'élaboration de la PNA montre d'abord que l'accès des ménages à un service d'assainissement liquide adéquat est très faible faute de moyens financiers. Il montre en outre que l'état de la demande et de la capacité contributive des ménages sont différents et qu'en conséquence le taux d'équipement et le rythme d'accroissement sont différents entre zones rurales et urbaines.

Pour faire face à cette situation, la politique nationale d'assainissement vise à porter d'ici 2025, le taux d'accès à l'assainissement amélioré à 90 % en milieu urbain et à 80% en milieu rural. Dans les 3 plus grands centres urbains du Burundi où la densité de la population et le niveau de consommation d'eau potable le justifie, La PNA vise à ce que 10% des ménages urbains en 2020 et 15% en 2025 soient raccordés à un assainissement collectif.

En 2025, toutes les industries ont des systèmes d'évacuation des eaux usées répondant aux normes en vigueur (prétraitement et/ou raccordement au réseau).

D'ici 2020, 50% des exploitants agricoles industriels ont des systèmes d'évacuation des eaux usées répondant aux normes en vigueur. 80% des exploitations agro-industrielles ont des systèmes d'évacuation des eaux usées répondant aux normes en vigueur d'ici 2025.

En matière d'assainissement publics, les principales actions à mener comprennent la construction des blocs sanitaires dans les établissements scolaires, gares routières, marchés publics, bâtiments communaux et les lieux de cultes ainsi que les formations sanitaires. Dans le même cadre, des systèmes pour leur nettoyage et entretien seront mis en place. La gestion de ces infrastructures sera assurée par la commune.

Des sites appropriés sont équipés pour entreposer et traiter les boues de vidange dans tous les centres urbains. La gestion de ces sites est assurée par la commune.

### **Axe2. Amélioration de la gestion des déchets solides**

La PNA vise à ce que d'ici 2020, 50 à 80% des ménages dans les villes aient leurs ordures ménagères collectées et évacuées au moins une fois par semaine dans des conditions d'hygiène qui garantissent à la fois la santé des populations et celle des agents fournisseurs de service.

Le service sera assuré par les services municipaux directement, ou par des opérateurs privés liés à la commune par un contrat de délégation de service public. Le cahier des charges sera défini par la voie réglementaire.

Des CET seront équipés pour entreposer et traiter les déchets solides domestiques dans toutes les villes de plus de 25 000 habitants. Ces centres seront gérés sous la responsabilité des communes qui contractent à cet effet des opérateurs autonomes visant l'équilibre de leur compte d'exploitation.

En 2020, 70% des déchets industriels sont évacués via un opérateur agréé vers un site adapté pour le traitement et 50% des exploitants agro industriels évacuent leurs déchets agricoles solides conformément aux normes en vigueur. Aussi, le nombre d'exploitants agricoles qui ont recours au compostage des déchets solides agricoles ont augmenté de 20%.

### **Axe3. Amélioration de la gestion des déchets spéciaux**

50% des sites de traitement identifiés sont fonctionnels avant 2018 et 100% avant 2025. Tandis que les déchets spéciaux et notamment biomédicaux de toutes les formations sanitaires sont régulièrement et adéquatement traités (30% des formations sanitaires sont équipées d'ici 2020, et 75% avant 2025).

### **Axe4. Réduction de la pollution atmosphérique**

La PNA se concentrera sur 4 quatre points : (i) le contrôle des rejets atmosphériques d'origine industrielle ; (ii) la réduction de la nocivité des gaz d'échappement (interdiction de l'essence au plomb et encouragement de l'introduction du pot catalytique) ; (iii) La réduction (voire l'éradication) du brûlage anarchique des forêts, contributeur important à la pollution atmosphérique, notamment en milieu rural. Le résultat à atteindre est d'éradiquer ces brûlages à l'horizon 2020 ; (iv) l'éradication de la pratique de l'agriculture sur brûlis à l'horizon 2020.

### **Axe 5. Amélioration de la gestion des eaux pluviales**

Concernant l'évacuation des eaux pluviales, le résultat visé par la PNA est qu'en 2025, 100% des centres urbains de plus de 20 000 habitants disposent d'un système adéquat d'évacuation des eaux pluviales, de manière à prévenir les risques liés à l'érosion et ses conséquences ainsi que d'autres nuisances liées à la mauvaise gestion des eaux pluviales.

Dans tous les centres urbains, des schémas directeurs de gestion des eaux pluviales seront élaborés avant 2020. Les services techniques communaux seront étroitement associés à l'élaboration de ces schémas directeurs et les capacités de ces services techniques seront renforcées dans le domaine de la gestion des eaux pluviales.

S'agissant des bassins versants vulnérables, elle envisage la réduction de l'érosion et des inondations par un aménagement adéquat des bassins versants. D'ici 2025, elle vise à aménager 50% des bassins les plus vulnérables et à renforcer la capacité des communes en matière d'aménagement de ces bassins.

### **1.2.3.3. Changement climatique**

#### **a) Politique nationale sur le Changement climatique au Burundi**

La vision du Gouvernement en matière de changement climatique est un « Etat qui promeut un développement résilient aux effets néfastes du changement climatique ».

L'objectif global poursuivi par cette politique est la promotion d'un développement résilient au changement climatique.

A travers son axe stratégique n°2 relatif à l'atténuation et au développement sobre en carbone, cette politique précise les actions stratégiques que le Burundi doit mettre en œuvre pour s'orienter vers un avenir sobre en carbone. Il s'agit de:

- i. privilégier la mise en valeur du potentiel hydroélectrique par la construction de microcentrales hydroélectriques et l'investissement dans les énergies renouvelables, pour satisfaire les besoins en énergie moderne ;
- ii. promouvoir les mesures d'efficacité énergétique et d'économie d'énergie, notamment en favorisant l'importation /l'utilisation des équipements économes d'énergie ;
- iii. améliorer la technologie de transformation du bois tout en sauvegardant l'environnement ;
- iv. promouvoir l'usage des foyers améliorés ;
- v. mettre en œuvre la politique forestière nationale ; promouvoir la recherche-développement dans le domaine des énergies renouvelables ;
- vi. exonérer des droits à l'importation les équipements qui contribuent à la réduction des émissions de
- vii. GES ;
- viii. formuler et mettre en œuvre des mesures nationales d'atténuation appropriées ;
- ix. intégrer l'électrification par l'énergie solaire photovoltaïque dans la construction des écoles, centres de santé se trouvant loin du réseau électrique.

Dans le but d'appuyer les mesures d'atténuation des émissions de GES, cette politique prévoit à son axe3 relatif à la recherche-développement et transfert de technologies, les actions stratégiques à mener dans le domaine du transfert de technologies. Il s'agit notamment de : promouvoir des projets innovants visant l'acquisition des technologies pour s'adapter/atténuer les effets du changement climatique et développer un partenariat stratégique pour améliorer la recherche et le transfert des technologies entre les acteurs nationaux et régionaux.

#### **b) Programmes et projets d'atténuation**

Dans le cadre de la mise en œuvre des politiques ci-haut citées, le Burundi a entrepris la conception et la mise en œuvre des programmes et projets de développement durable. Le tableau n°5 cite quelques exemples et montre leur l'état d'exécution.

**Tableau n°5.** Programmes et projets d'atténuation

Secteur	Liste des programmes et projets	Etat
<b>Energie</b>	Electrification décentralisée par système solaire photovoltaïque	Prévu
	Amélioration de l'efficacité énergétique par le développement et la promotion des équipements électroménagers	En cours d'exécution
	Construction de nouvelles centrales hydroélectriques	En cours d'exécution
	Réhabilitation et extension du réseau électrique	Prévu
	Programmes régionaux d'électrification régionale	Prévu
	Promotion et diffusion des fours et foyers à économie d'énergie	Prévu
	Conversion des chaudières à gasoil (Brarudi) et à bois en chaudières électriques	Prévu
<b>Déchets</b>	Développement des unités technologiques propres de gestion des déchets	Prévu
	Extension du réseau d'assainissement des eaux usées	Prévu
	CTB Burundi Programme Pavage Projet « assainissement, développement social et économique par le pavage /HIMO Volet : gestion et valorisation des déchets, compostage des déchets	Phase d'achèvement
	Projet ORIO : Clean and Waste Free Bujumbura (compostage, recyclage)	En cours
	Projet LVEMPII (Mwaro, Gitega, Karusi, Kirundo) : récupération des déchets	En cours
	Projet LVWATSAN (Kayanza, Ngozi, Muyinga : Compostage et récupération des boues de vidange	En cours
	Projet sur la gestion des déchets des centres urbains	En cours
	Projet de construction des incinérateurs « Monfort » dans le cadre de la GDBM infectieux	En cours

### 1.3. Sélection des secteurs prioritaires

La première action du processus de sélection des secteurs prioritaires pour l'Evaluation des Besoins en Technologies d'atténuation des émissions de GES fut le cadrage de la sélection. Ainsi, il a été convenu de considérer les secteurs couverts par les inventaires de gaz et les études d'atténuation des émissions de gaz à effet de serre. Il s'agit : du secteur des procédés industriels, de l'Energie, de l'Agriculture, de l'Affectation et des Changements d'Affectation des Terres et de la Foresterie ainsi que le secteur des Déchets.

Cette action a été suivie par l'analyse documentaire qui a permis de connaître l'importance de chaque secteur dans le développement socio-économique et son niveau de contribution à la production d'émissions de GES.

#### 1.3.1. Contribution à la production ou à la réduction des émissions de GES

En matière d'émission de gaz à effet de serre, les résultats des inventaires de gaz à effet de serre déjà réalisés montrent que la contribution du Burundi aux émissions mondiales est encore négligeable ; les émissions par habitant sont estimées à 1721 kg de CO<sub>2</sub> par an (NYENGAYENGE.D, 2009). Toutefois, cette contribution peut augmenter, car l'accroissement continu de la population connu au Burundi a pour conséquence la dégradation forêts et des terres et partant à l'accroissement des émissions de GES.

En outre, l'accroissement des activités économiques surtout en l'absence des technologies de transformation performantes conduit à l'accroissement de la production des déchets ; qui est encore une source d'émissions de GES tant au niveau des ménages qu'au niveau des industries.

L'analyse du bilan des émissions nationales montre que les émissions liées à la production des déchets augmentent à un rythme rapide et ont plus que doublé entre 2000 et 2010.. Mais l'analyse comparative des contributions sectorielles aux émissions nationales de GES montre que le secteur de l'Agriculture occupe la première place ; elle est responsable de la plus grande part des émissions. Quant aux secteurs de l'Energie, des Déchets, et des Procédés Industriels, ils occupent respectivement la deuxième, la troisième et la quatrième position. Tandis que le secteur d'Affectation des Terres et Foresterie est un puits (tableau n°6).

**Tableau n°6. Profil des émissions de GES au Burundi entre 2005 et 2030**

Source	Emissions en Gg ECO <sub>2</sub>	
	2005	2030
Procédés industriels	-	-
Energie	356,07	9,1
Agriculture	25916,26	61033
Affectation des terres, changement d'affectation des terres et foresterie	-15176,36	+1366
Déchets	200,2	385,23
Total	11295,99	62793,33

**Source :** Département de l'Environnement et du Changement Climatique, Rapport synthèse des études d'atténuation des émissions anthropiques de gaz à effet de serre, 2009

Certes, la contribution du secteur des déchets est encore faible. Mais, elle est susceptible d'accroître ; elle dépend de l'accroissement de la population et des activités économiques qui évolue en l'absence de technologies propres et performantes.

Aujourd'hui, les secteurs de la Foresterie et de l'Energie sont encore à la fois émetteurs et puits de gaz à effet de serre. Mais par rapport au potentiel d'atténuation des émissions de GES, le secteur de l'Energie peut être classé avant celui de la Foresterie ; son potentiel est supérieur à celui du secteur de la Foresterie.

Certes, de par les capacités de captage et séquestration du CO<sub>2</sub> des forêts et des autres types de plantation d'arbres qu'il détient, le secteur forestier constitue jusqu'aujourd'hui, un puits important du gaz carbonique, mais les capacités de séquestration du gaz carbonique dont disposent naturellement ces formations forestières tendent à diminuer suite à la régression des superficies boisées (NYENGAYENGE D, 2009).

Quant au secteur de l'Energie, son potentiel d'atténuation des émissions de gaz à effet de serre est détenu par plusieurs sources à savoir l'hydroélectricité ; l'énergie solaire ; l'énergie éolienne ; la géothermie ; la biomasse et déchets organiques.

### **1)Potentiel Hydroélectrique**

Le Burundi dispose d'un potentiel Hydroélectrique très important. En effet, selon les études bibliographiques récentes (MEM, 2013), le potentiel actuel peut avoir une capacité supérieure à celle estimée 1700 MW en 1983.

## **2) Un gisement solaire**

De par sa situation géographique, le Burundi bénéficie d'une insolation importante qui augmente avec la diminution de la nébulosité. Il bénéficie aussi des températures moyennes modérées. Les régions de basses altitudes connaissent une longue durée d'ensoleillement. L'ensoleillement moyen reçu annuellement est estimé à 2000kWh/m<sup>2</sup> (MEM, 2013). Par ailleurs des mesures d'insolation effectuées de 4 à 11 ans sur neuf stations indiquent que l'insolation s'élève en moyenne à 4-5kWh par jour par m<sup>2</sup> (CRUEA, 1982) et (MEM, 2013).

## **3)Un gisement éolien**

Vers les années 80, certains centres de recherche sur les énergies alternatives dont l'éolienne ont été créés à savoir notamment le CRUEA et le CEBEA et des éoliennes de pompage de l'eau ont été installées en altitude et dans la plaine de la Ruzizi, mais aucune étude n'a encore confirmé l'exploitabilité du vent à des fins énergétiques industrielles (MEM, 2012). Selon l'atlas SWERA, le gisement éolien au Burundi est inférieur à 4,8 m/s.

## **4)Un potentiel géothermique**

La présence des eaux thermales et la vallée du rift au Burundi, une zone géologique à potentialités géothermiques constituent des indicateurs des potentialités d'existence de l'énergie géothermique au Burundi.

## **5) Disponibilité de Biomasse**

La biomasse constitue une éventuelle source d'énergie potentielle. Elle comprend notamment le bois énergie, la tourbe, les déchets organiques ménagers organiques industriels. Les technologies existantes pour la valorisation de ces déchets sont peu performantes et donc constituent aussi un facteur de pollution de l'environnement et de production des émissions de GES.

Les déchets urbains sont valorisés à des fins énergétiques par des organisations d'opérateurs privés qui n'ont pas assez de moyens pour produire de l'énergie sans causer des dommages à l'environnement. Concernant les déchets agricoles, la société sucrière de Moso (SOSUMO) dispose d'une centrale électrique alimentée par la bagasse. C'est une unité de cogénération de 2 x 2 MW alimentée à partir de la bagasse (déchet de la canne à sucre).

L'autre moyen de valorisation des déchets agricoles non important est la méthanisation (biogaz). En effet, pour ses différents avantages et sa facilité de production, le biogaz est une source d'énergie pertinente à vulgariser.

Au niveau du secteur de Gestion des déchets proprement dit, l'analyse documentaire indique que le Burundi dispose d'un potentiel important de déchets valorisables. Ces derniers se répartissent en des déchets issus des activités ménagères, industrielles, activités commerciales, municipales, etc.

En Marie de Bujumbura la production moyenne des ordures ménagères est estimée à 0,52Kg par habitant par jour (CTB Burundi, 2013) et 25 % seulement sont évacués vers le site de décharge de Buterere. Si en 2016, la population urbaine est estimée à 600 000 habitants, on aurait une production annuelle de l'ordre de 112 320 tonnes. Ceci pourrait générer plus de 4 Gigrammes de CH<sub>4</sub> dans la décharge soit plus de 86 Gg ECO<sub>2</sub>.

### 1.3.2. Contribution au développement socio-économique

L'analyse menée sur la contribution des cinq secteurs couverts par les inventaires nationaux à la production et à l'atténuation des émissions de GES montre que les potentiels de réduction des émissions de gaz à effet de serre détenus respectivement par le secteur de l'énergie et celui des déchets sont supérieurs aux potentiels détenus respectivement par les autres secteurs.

De ce fait et pour des raisons exprimées ci-après, le secteur de l'énergie et celui de la Gestion des Déchets ont été retenus pour servir de champs d'application pour l'évaluation des besoins en technologies d'atténuation des émissions de gaz à effet de serre, de développement socioéconomiques et d'amélioration du cadre de vie.

Concernant la contribution à la croissance économique, les résultats de l'analyse des contributions sectorielles à la croissance économique présentés dans la partie consacrée à la description de la situation économie montrent que les contributions les plus élevées sont respectivement fournies par les secteurs de l'agriculture et de l'industrie. Tandis que la connaissance parfaite des contributions des secteurs de l'Énergie et celui des Déchets nécessite une étude complémentaire.

Toutefois, parmi les contraintes à la croissance économique solide et résiliente indiquées par l'analyse figure l'insuffisance d'énergie. Cette analyse conclut que sans énergie suffisante et disponible, les secteurs porteurs de croissance voire l'agriculture ne pourront pas se développer et par conséquent il n'y aura pas de croissance économique.

En effet, le secteur de l'Énergie constitue à la fois un facteur de croissance économique et un appui au développement des secteurs productifs et porteurs de croissance tels que l'agriculture, le secteur minier, l'artisanat, l'industrie, la communication, (CSLP/II, 2012, Vision « Burundi 2025, 2011 »).

A cause de sa contribution potentielle à la croissance économique et à la lutte contre la pauvreté, le secteur de l'énergie est l'un des secteurs choisis par le Burundi pour servir de champs d'application des mesures de développement durable et de l'atténuation des effets du changement climatique dans le cadre de la mise en œuvre de la CPDN.

S'agissant des Déchets, ils sont considérés comme un handicap majeur au développement du Pays et au bien-être de la population (PNA, 2013) et partant un handicap au développement durable. La situation actuelle du secteur de Gestion des Déchets solides et liquides est caractérisée par un manque criant en infrastructures, équipements et moyens. Cette dernière met donc en risque les ressources en eau et la santé des populations humaines. C'est pourquoi, tenant compte de l'ampleur des défis à relever, le gouvernement du Burundi place l'assainissement dans les priorités nationales (PNA, 2013).

Bien que la PNA ne mette pas en évidence les possibilités de valorisation des déchets, l'analyse de l'état des lieux montre qu'il existe des déchets valorisables et qui de ce fait constituent une source de revenu et donc de richesse en témoignent les entreprises nationales qui fonctionnent à base du recyclage ou de la valorisation.

Au Burundi ou ailleurs, la valorisation des déchets a un double avantage. En effet, elle constitue d'abord une source d'emploi et de revenus non négligeables pour un bon nombre de ménages au Burundi. Ensuite, ne fût-ce que par réduction du volume des déchets, la valorisation des déchets contribue à la réduction de la pollution et d'autres nuisances.

C'est dans le souci d'exploiter ce double avantage qu'offre la valorisation des déchets et la mise en œuvre effective de la politique nationale d'assainissement que le secteur de Gestion des Déchets est retenu pour servir de champ d'application de l'évaluation des besoins technologiques d'atténuation des émissions de GES et de développement durable.

### **1.3.3. Processus de sélection des secteurs et résultats**

Prenant référence au processus d'élaboration de la CPDN burundaise, la concertation entre différents acteurs impliqués dans la lutte contre le changement climatique a été privilégiée.

En effet, à l'issue d'une concertation entre le Ministère Point Focal Climat, comité national climat et les responsables des institutions impliquées directement dans la lutte contre le changement climatique, il a été mis en place un comité technique du projet EBT.

Ensuite, tenant compte des contributions respectives des secteurs couverts par les inventaires de GES au développement socio-économique du Pays, à l'offre d'emploi, aux émissions de GES ainsi que leurs potentiels d'atténuation des émissions de GES, ces deux comités ont décidé de retenir deux secteurs pour servir de domaines d'études d'identification des options technologiques d'atténuation des émissions de GES. Il s'agit du secteur de l'Energie et du secteur de Gestion des Déchets.

Pour le secteur de l'Energie, l'étude porte précisément sur l'évaluation des besoins des technologies d'atténuation des émissions de GES dans le sous secteur résidentiel. Les principaux domaines couverts par l'étude sont : l'efficacité énergétique, la production et l'extension d'énergie hydroélectrique et la valorisation des sources d'énergies renouvelables.

Concernant le secteur de Gestion des Déchets, il s'agit d'évaluer les besoins technologiques de recyclage ou de valorisation énergétique des déchets. Les principaux domaines couverts par l'étude sont l'Energie, l'Agriculture, l'Eau, l'Environnement, Santé, Industrie et Artisanat, etc.

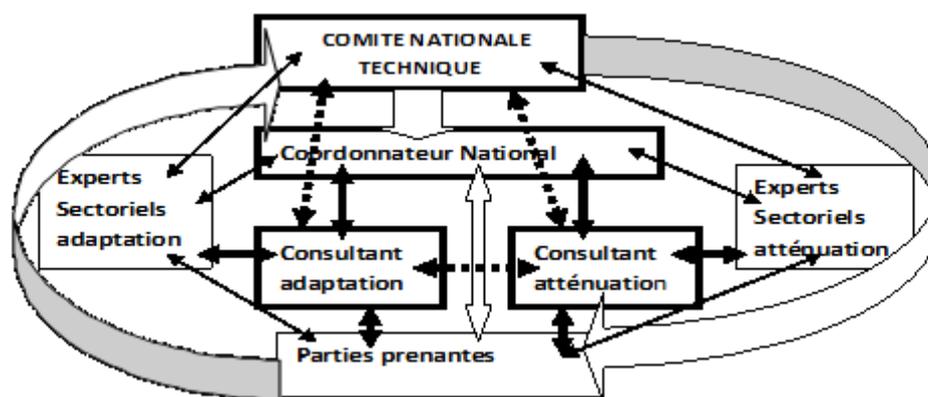
## CHAPITRE II. ARRANGEMENTS INSTITUTIONNELS ET IMPLICATION DES PARTIES PRENANTES

### 2.1. Arrangements institutionnels

Sur cinq secteurs couverts par les études d'atténuation au Burundi tels que cités ci-haut; l'étude d'Evaluation des Besoins en technologies pour l'atténuation des émissions de GES porte seulement sur deux secteurs à savoir les secteurs de l'Energie et de la gestion des déchets.

Cependant comme les deux premières études sur l'analyse d'atténuation des émissions anthropiques de GES réalisées respectivement en 2001 et en 2009 et la vision « Burundi 2025 » l'ont montré, les besoins en technologies sont exprimés par plusieurs institutions tant du secteur public que du secteur privé. Dans ce cas, l'évaluation de ces derniers requiert l'intervention de plusieurs institutions tant au niveau de la fourniture des données qu'au niveau de la mise en œuvre des résultats en passant par la réalisation de l'étude.

Sur la base de ces informations, prenant références aux structures existantes impliquées dans la gestion du changement climatique et considérant les recommandations formulées à travers le guide « Evaluation des Besoins Technologiques pour le changement climatique » (PNUD, 2010), un cadre institutionnel national pour conduire le processus d'Evaluation des Besoins en Technologies au Burundi est mis en place. Ce dernier est schématisé par la figure 2.



**Figure n°2.** Cadre institutionnel et organisationnel pour l'élaboration et la mise en œuvre du projet EBT

La composition et les fonctions de chaque organe dudit cadre sont libellées comme suit :

Le Cadre institutionnel comprend (i) un organe politique qui est en l'occurrence le Ministère de l'Eau, de l'Environnement, de l'Aménagement du Territoire et de l'Urbanisme(MEEATU) et en même temps Point Focal politique national du changement climatique; (ii) un comité technique national du projet « Evaluation des Besoins en Technologies au Burundi », EBT ; (iii) une équipe de consultants et (iv) une équipe d'experts sectoriels. Ce comité a été mis en place par ordonnance ministérielle n° 770/1285/2015 du 15 octobre 2015. Il est présidé par le Directeur Général de l'Institut Géographique du Burundi(IGEBU).

### **2.1.1. Le Comité Technique du projet EBT**

Le Comité technique national du projet est composé comme suit (liste nominative en annexe):

1. Directeur Général de l'Institut Géographique du Burundi et Point Focal technique national de la CCNUCC : Président du Comité Technique EBT ;
2. Directeur Général de l'Office Burundais pour la Protection de l'Environnement : Vice Président ;
3. Conseiller à l'Institut Géographique du Burundi chargé de la coordination du Projet ;
4. Un représentant du Ministère des Finances : Directeur de la Planification Nationale;
5. Un représentant du secteur Forêt -Environnement : Directeur Général de l'Office Burundais pour la Protection de l'Environnement auprès du MEEATU ;
6. Un représentant du secteur de l'énergie : Directeur de la Planification et Etudes de projets Electriques au du Ministère de l'Energie et des Mines ;
7. Un représentant du secteur de l'Agriculture : Directeur de la Fertilisation et de la Protection des Sols au Ministère de l'Agriculture et de l'Elevage ;
8. Un représentant du secteur des Transports : Directeur des Transports Intérieurs au Ministère des Transports et Télécommunication ;
9. Un représentant du secteur de l'Industrie : Directeur du Développement Industriel au Ministère du Commerce et de l'Industrie ;
10. Un représentant du secteur de l'Assainissement : Directeur de l'Assainissement et du Contrôle de la qualité de l'eau à la Direction Générale de Ressources en Eau et Assainissement ;
11. Un représentant du secteur Santé-Assainissement : Directeur de la Promotion de la Santé, Hygiène et Assainissement au Ministère de la Santé Publique et de la lutte contre le SIDA;
12. Un représentant du secteur des Déchets : Directeur Général des Services techniques municipaux au Ministère de l'intérieur et de la Formation Patriotique ;
13. Un représentant des Institutions de recherche : Directeur de la Recherche Agronomique à l'Institut des Sciences Agronomiques du Burundi au du Ministère de l'Agriculture et de l'Elevage;
14. Un représentant des Institutions de formation : Directeur de Recherche au Ministère de Education Nationale ;
15. Un représentant du cabinet du Ministre en charge de la cellule « Ressources en eau » ;
16. Un représentant du partenariat Eau : Conseiller à l'IGEBU.

Le comité EBT est chargé d'assurer le suivi et la validation des rapports produits par les consultants en adaptation et en atténuation du changement climatique.

### **2.1.2. Coordonnateur du projet**

La mission principale du Coordonnateur est d'assurer la gestion du processus EBT et faciliter la communication entre les membres du comité technique national EBT, les consultants et les experts sectoriels.

### **2.1.3. Equipe de Consultants**

Pour ce projet, deux consultants ont été recrutés pour mener des études d'évaluation des Besoins en technologies, l'un pour le domaine d'atténuation et l'autre pour l'adaptation.

En collaboration avec le coordinateur national du projet, le comité national EBT et les groupes de travail sectoriels ainsi qu'avec le consultant en charge de l'adaptation, le consultant en charge de l'atténuation appuie le processus de l'EBT depuis l'engagement des parties prenantes, l'identification des besoins en technologies et leur priorisation jusqu'à la transmission des rapports finaux du Pays en passant par le développement du Plan d'action technologique (PAT).

Il est responsable de la mise à disposition des outils et conseils sur les procédures et approches méthodologiques au comité national EBT pour la mise en place du PAT en conformité avec les objectifs et priorités de développement du Burundi.

Son appui comprend aussi l'assistance au coordinateur EBT en ce qui concerne la communication et la sensibilisation de toutes les parties prenantes, la formation des groupes de travail, la collecte d'informations ainsi que la coordination et la dissémination des produits du projet.

### **2.1.4. Equipe d'experts sectoriels**

Le rôle des Experts sectoriels est d'apporter l'appui aux consultants dans la collecte des données technologiques disponibles ou à chercher dans les différents secteurs déjà identifiés ou non par le comité technique national du Projet EBT.

Sous la présidence du Point Focal Climat, le Coordonnateur du Projet EBT a organisé un atelier de lancement du projet « Evaluation des Besoins Technologiques(EBT) en date du 17 Novembre 2015 à l'Hôtel « Le Chandelier ». Cet atelier qui avait connu la participation du comité technique EBT et des consultants visait deux principaux objectifs à savoir : (i) informer les participants sur le contenu et le fonctionnement du projet « EBT » ; (ii) identifier les institutions détentrices de données et un groupe d'experts sectoriels pour faciliter la collecte des données.

Les informations fournies par le coordonnateur dans sa communication sur le Projet et les résultats des échanges organisés en plénière et en commissions ont permis aux participants de mieux comprendre le bienfondé et la pertinence de l'évaluation des besoins technologiques ainsi que la nécessité de contribuer à sa réalisation.

Ainsi à l'issu des travaux en commissions, furent identifiés six experts sectoriels dont trois dans le domaine de l'atténuation, un pour le secteur de l'Energie et deux autres pour le secteur de Gestion des Déchets. (liste en annexe3).

Ces experts du domaine « atténuation » ont été invités à coopérer avec ceux du domaine « adaptation » pour complémentarité dans la collecte des données en ce qui concerne particulièrement les secteurs transversaux comme le secteur « Gestion des Déchets ».

## 2.2. Implication des parties prenantes

Les parties prenantes jouent un rôle central dans le processus EBT car elles sont étroitement impliquées dans sa mise en œuvre. (Voir annexe 3). Le processus d'engagement des parties prenantes a été officiellement enclenché par l'organisation d'un atelier de lancement du projet « EBT ».

Les premières actions d'engagement des parties prenantes comprennent la formation d'un comité technique EBT multisectoriel issu des institutions impliquées dans la communication nationale sur le changement climatique et d'un groupe d'experts sectoriels dont les membres sont également issus de ces structures ainsi que l'implication de ce comité dans des réunions d'organisation des activités du projet.

L'engagement des parties prenantes est également marqué par l'implication du groupe d'experts sectoriels dans l'identification des technologies et de leurs détenteurs et / ou d'utilisateurs respectifs. Ces derniers comprennent les institutions publiques, les organisations privées et les individus.

Une fois les détenteurs et/ou utilisateurs des technologies identifiées, un programme de descente sur terrain pour la collecte des données et des informations sur les technologies identifiées a été organisé.

Cette collecte a été réalisée soit au moyen d'un questionnaire remis main à main ou transmis par e-mail ou par voie postale, soit au moyen d'enquête/interview mené auprès des institutions/populations cibles.

Le rapport produit par le consultant sur base des technologies identifiées a été présenté dans un atelier d'échange qui regroupait toutes les parties prenantes concernées y compris les détenteurs de technologies et les représentants des groupes sectoriels pour analyser et prioriser ces technologies. Ce fut le 19 avril 2016. Les images ci-après illustrent respectivement les travaux d'ouverture de l'atelier et les travaux en commissions pour analyse, priorisation et validation des technologies identifiées.

### Séance d'ouverture des travaux

Les activités de priorisation des technologies d'atténuation ont été lancées officiellement, le 19 avril 2016 par le Directeur Général de l'Institut Géographique du Burundi (IGEBU), Madame Rénilde NDAYISHIMIYE.



**Figure 3.** Photo marquant les cérémonies d'ouverture de l'atelier de priorisation des technologies. Les cérémonies d'ouverture ont été suivies par une présentation de la méthodologie de priorisation des technologies d'atténuation des émissions de GES.

### CHAPITRE III. PRIORISATION DES TECHNOLOGIES DU SECTEUR DE L'ÉNERGIE SOUS SECTEUR RESIDENTIEL

La priorisation des technologies s'est déroulée en 5 principales étapes comprenant les actions suivantes : (i) l'analyse de l'état des lieux des émissions de GES et des Technologies ; (ii) la détermination du contexte de décision ; (iii) l'identification des options technologiques potentiels de réduction d'émission; (iv) le choix des critères d'évaluation des performances des technologies et processus de priorisation de priorisation des technologies; (v) examen et présentation des résultats de la priorisation des options technologiques.

#### 3.1. Emissions et technologies existantes dans le sous secteur résidentiel

##### ❖ Emissions de gaz à effet de serre

En matière d'inventaire de GES et d'atténuation des émissions correspondantes, les secteurs des industries énergétiques et manufacturées, du commerce et des institutions ainsi que l'ensemble agriculture-pêche et forêt sont considérés comme des sous secteurs du module « Energie ». Les émissions issues de la combustion de la biomasse sont estimées à 9914,34 Gg de CO<sub>2</sub> (DGEE, 2008).

Selon le même auteur, la combustion d'autres combustibles n'a généré que 169,49 Gg CO<sub>2</sub> dont 1,88 proviennent du sous secteur résidentiel soit 1,11%. Il précise en outre que le sous secteur résidentiel contribue respectivement à 99,3%, 100% et 89% des émissions de CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O et NO<sub>x</sub>. Enfin, ce rapport indique que presque la totalité des émissions du secteur énergie provient du sous secteur résidentiel et plus précisément de la combustion de la biomasse. En effet, sur un total d'émission de CO<sub>2</sub> estimé à 10.083,83Gg, 98,32% sont générées par la combustion de la biomasse.

##### ❖ Aperçu sur les technologies existantes

La revue documentaire et la consultation des parties prenantes du Secteur de l'Energie ont permis d'améliorer la connaissance d'état des lieux des technologies utilisées dans ledit secteur. Ainsi une liste des principales technologies d'atténuation déjà expérimentées ou utilisées sont répertoriées au tableau n°7.

**Tableau n°7.** Liste des technologies existantes

Sous secteur	Options technologiques	Référence bibliographique/entreprise responsable
Biomasse	1. Fabrication, vulgarisation et diffusion des foyers améliorés	Seconde Communication Nationale sur le Changement Climatique
	2. Vulgarisation et diffusion des techniques de production et d'exploitation du biogaz	
	3. Diffusion et vulgarisation à grande échelle des foyers améliorés à bois et à charbon de bois	Identification des besoins pour l'atténuation des besoins en technologie d'atténuation des émissions de gaz à effet de serre
	4. Amélioration du système de carbonisation	
	5. Vulgarisation et diffusion des techniques de production et d'exploitation du biogaz	
	6. Fabrication, vulgarisation et diffusion	
		Etude de la filière bois au

	des fourneaux et foyers améliorés	Burundi (Ch. ADAM et al, 1990)
	7. Amélioration des techniques de carbonisation	
	8. Fabrication et vulgarisation du charbon de biomasse	
Électricité	9. Intensification de la production de l'hydroélectricité ou la multiplication des microcentrales hydroélectriques	Seconde Communication Nationale sur le Changement Climatique
	10. Conversion des chaudières à gasoil en chaudières électriques (Brasserie, Bragita, BTC)	
	11. Augmentation de la production et de l'utilisation de l'hydroélectricité	Identification des besoins pour l'atténuation des besoins en technologie d'atténuation des émissions de gaz à effet de serre (MATET, 2002)
Energies alternatives renouvelables	12. Promotion de l'Energie solaire pour l'éclairage, le séchage et la cuisson	Seconde Communication Nationale sur le Changement Climatique
	13. Promotion de l'Energie éolienne pour le pompage de l'eau	
	14. Electrification des ménages ruraux par kits photovoltaïques	Identification des besoins pour l'atténuation des besoins en technologie d'atténuation des émissions de gaz à effet de serre

### 3.2.Contexte de décision

Malgré un potentiel hydroélectrique si important, le Burundi reste déficitaire en énergie. L'offre fournie ne permet pas de satisfaire la demande qui ne cesse de croître.

En effet, la production d'énergie d'origine hydroélectrique reste insuffisante. Les pertes sont estimées à 20 % (Se4ALL, 2013) Tandis que le taux d'électrification est inférieur à 5%. Il a passé de 2,9 à 4,7 entre 2005 et 2012 (REGIDESO, 2012). Les produits pétroliers quant eux, ils sont tous importés et constituent un fardeau économique pour le pays.

Le bois énergie contribue à plus de 96% pour la satisfaction des besoins énergétique mais son exploitation excessive a entraîné la déforestation et la dégradation et partant la dégradation de l'environnement. Quant aux sources d'énergie modernes comme l'énergie solaire, le biogaz et l'éolienne restent sous exploitées.

Pour faire face à cette situation, la politique nationale énergétique vise à accroître la production énergétique pour appuyer diverses activités économiques et améliorer l'accès du plus grand nombre aux sources d'énergie moderne.

Son plan d'action et la stratégie sectorielle indiquent les actions prioritaires dont les activités urgentes pour la mise en œuvre de la Politique nationale énergétique. Parmi les actions urgentes mentionnées dans la stratégie (MEM, 2011), on peut citer :

- i.développer la production de l'hydroélectrique ;
- ii.développer les ressources solaires connectables au réseau ;
- iii.développer le réseau de transport et de distribution d'électricité ;
- iv.réduire les pertes techniques ;

- v. électrification des sites d'intérêt social par des panneaux solaires photovoltaïques;
- vi. électrification des villages isolés par des microcentrales hydroélectriques ;
- vii. conception et vulgarisation des foyers à petite, moyenne taille selon le demandeur est le ménage, le restaurateur boulanger ou autres.

En matière de changement climatique, le Burundi mène des actions d'atténuation des émissions de gaz à effet de serre à travers la mise en œuvre des actions ci-haut citées, des programmes et projets REDD+ ainsi que des projets de mise en œuvre de la CPDN( tableau n°5).

Dans le but d'améliorer la qualité des résultats attendus des projets en cours ou futurs, il convient d'évaluer les performances des technologies utilisées et éventuellement proposer des technologies appropriées compte tenu des objectifs fixés par la politique énergétique nationale et des engagements pris par le Burundi notamment dans le cadre de la mise en œuvre de la CCNUCC.

C'est dans ce contexte qu'intervient la priorisation des technologies. Eu égard aux objectifs ci-avant cités, le Burundi a besoin des technologies qui permettraient de résoudre le problème énergétique et contribuer à l'atténuation des émissions de GES à travers notamment la valorisation du potentiel hydroélectrique et la promotion de l'exploitation des énergies alternatives. Des technologies pour l'amélioration de l'efficacité énergétique et la limitation de l'utilisation des sources d'énergies polluantes, sont également nécessaires pour réaliser les mêmes objectifs.

### **3.3. Aperçu des options technologiques d'atténuation des émissions**

La revue documentaire complétée par des rapports des experts sectoriels a permis de dresser une liste des principales technologies susceptibles de réduire les émissions de GES. Il s'agit de :

#### **3.3.1. Standardisation et optimisation des foyers améliorés**

Il existe plusieurs variantes de foyers améliorés à bois et à charbon de bois et beaucoup d'intervenants non coordonnés dans la fabrication des foyers améliorés. Par rapport aux foyers traditionnels, les plus intéressants permettent respectivement une économie de 50% (LEPELEIRE G et al, 1981) et 20% (BITORIROBE et al, 1991).

Cette réduction de la consommation du bois a entre autres pour conséquences : (i) l'économie d'énergie ; (ii) la réduction des dépenses familiales ; (iii) la limitation de la dégradation forestière ; (iv) l'allègement du travail aux femmes et jeunes filles du milieu rural habituellement chargées de la collecte du bois ; (v) la réduction de la pollution dans les ménages, etc.

En outre, l'application de ces deux types de foyers à 100% permettraient d'éviter respectivement les émissions de 200 et 1109 Gigagrammes de CO<sub>2</sub> soit au total 1309 Gigagrammes de CO<sub>2</sub>. (DGAT, 2001).

#### **3.3.2. Méthanisation pour la production du biogaz**

La technologie de biogaz est une méthode de valorisation énergétique des déchets biodégradables se traduisant par la production d'un gaz combustible (le biogaz) par l'action bactérienne en l'absence de l'air. Elle présente une excellente alternative aux combustibles de cuisine particulièrement dans les régions où le bois énergie est insuffisant et cher.

Cette technologie est particulièrement intéressante pour le désenclavement énergétique et la contribution à la sauvegarde de l'environnement par la réduction de la consommation du bois utilisé pour la cuisson et du pétrole utilisé pour l'éclairage et par conséquent, la réduction des émissions de gaz à effet de serre. Les ménages ruraux éloignés du réseau hydroélectrique seraient les premiers bénéficiaires dans le cadre du projet qui proviendrait de cette réflexion.

La potentialité d'atténuation des émissions liées à la production des déchets s'explique par la conversion du gaz méthane en gaz carbonique, gaz à faible pouvoir de réchauffement global par rapport au méthane et assimilable par les plantes.

La technologie du biogaz a été introduite au Burundi au cours des années 1980 par le biais d'un projet biogaz. Ce projet visait à contribuer à la résolution du problème d'approvisionnement de l'énergie et de l'assainissement en milieu rural. La matière première pour le fonctionnement des premières installations à biogaz était constituée par des déchets d'animaux. Le biogaz produit servait principalement à la cuisson et à l'éclairage.

Ce projet était respectivement appuyé techniquement et financièrement par le Royaume de Belgique, l'Allemagne et la Chine dans le cadre de la coopération bilatérale. De 1983 à 1995, plus de 300 digesteurs étaient déjà installés un peu partout dans le pays. Mais, la crise socio - politique de 1993 n'a pas permis la poursuite de développement de cette technologie.

### **3.3.3. Standardisation, optimisation et diffusion des lampes à basse consommation énergétique**

L'adoption et la mise en œuvre d'une politique d'amélioration d'efficacité énergétique au Burundi dans le secteur résidentiel constituerait une stratégie importante pour l'économie d'énergies et des moyens financiers ainsi que pour la de réduction d'émissions de GES.

Les principales causes de cette inefficacité sont dues à la fuite d'énergie liée à la vétusté du réseau électrique, aux faibles performances des équipements ménagers et électriques ou non. La standardisation, optimisation et diffusion des lampes à basse consommation dans le sous secteur résidentiel contribuerait à la réduction des fuites d'énergie et des dépenses des moyens financiers.

Avec le financement de la Banque mondiale, la Direction Générale de l'Energie a initié un projet d'efficacité énergétique basé sur le remplacement des ampoules électriques à incandescence par des ampoules à basse consommation d'énergie (200 000 unités) dans les centres urbains de Bujumbura, Gitega et Ngozi. Mais le projet n'a pas donné de bons résultats, car, il n'a pas été possible d'éliminer le stock des anciennes ampoules qui était déjà constitué ni arrêter les nouvelles importations.

Dans le cadre dudit projet, la Direction Générale de l'Energie a réalisé des audits énergétiques aux grands consommateurs d'énergie à savoir : l'Université du Burundi ; les hôpitaux (l'Hôpital militaire de Kamenge, l'Hôpital Roi Khaled), la Brasserie du Burundi (BRARUDI), la Société SAVONOR, la Banque de la République du Burundi, le Club du lac Tanganika, etc.

Dans le même cadre, elle a mis en place un service de conseils juridiques et institutionnels et a entrepris l'élaboration d'un projet de lois portant révision des taxes sur les importations des équipements énergétiques et l'étiquetage des équipements.

### **3.3.4. Captage et valorisation électrique de l'énergie solaire photovoltaïque**

Le Burundi est aujourd'hui tributaire de l'extérieur en matière d'approvisionnement en sources d'énergie dont l'électricité et les produits pétroliers. Pourtant il dispose d'un potentiel non négligeable de production d'électricité à partir de l'énergie solaire. L'approvisionnement en énergie électrique importée reste insuffisant et cher. Tandis que les produits pétroliers pèsent lourdement sur la balance commerciale.

L'utilisation de l'énergie à base des produits pétroliers importés et du bois énergie et ou autres biomasses constituent un handicap au développement durable. Dans le but d'atténuer les émissions et la facture liées à cette utilisation et ainsi contribuer au Développement durable, la politique du Gouvernement en matière d'énergie vise comme priorité principale, le développement des énergies modernes (CSLPII, 2012).

L'utilisation de l'énergie solaire permet d'éviter les irrégularités et les insuffisances dans la fourniture de l'énergie d'origine hydraulique. Ceci a pour conséquence l'allongement du temps de travail surtout en milieu rural où on n'a pas accès à l'énergie hydraulique. L'énergie solaire permet également de réduire la pollution liée à l'utilisation des sources d'énergies polluantes comme le pétrole, le bois, la bougie, etc. Le rendement énergétique actuel de l'énergie solaire est de l'ordre de 15 à 20%.

Au Burundi, l'énergie solaire fait partie des énergies propres. Il utilise des panneaux photovoltaïques fabriqués ailleurs. Or, le peu d'émission observé dans ce domaine est générée à la phase du processus de fabrication des panneaux. C'est pourquoi, l'utilisation de l'énergie solaire photovoltaïque au Burundi est recommandable.

Des installations solaires ont vu le jour au Burundi vers les années 80 grâce à la coopération bilatérale respectivement entre le Burundi et la Belgique ou entre le Burundi et la Chine, d'abord sous forme de projets pilotes.

Le Ministère de l'Energie et des Mines (MEM) à travers la Direction Générale de l'Energie (DGE) a repris les travaux d'installations des systèmes solaires photovoltaïques et d'électrification des centres de santé, des collèges communaux depuis 2006 sur le budget du Gouvernement du Burundi et sur financement des partenaires. Depuis lors, le MEM à travers la DGE a poursuivi les travaux d'électrification rurale par systèmes solaire photovoltaïques.

### **3.3.5. Séchage solaire**

Au Burundi, les principaux domaines d'utilisation d'énergie actuellement très connus sont la cuisson des aliments, l'éclairage et le chauffage des maisons. Le chauffage est aussi utilisé pour le séchage de certains produits alimentaires afin d'améliorer leurs conservation et conditionnement. Il s'agit notamment du poisson, du grain, des feuilles de thé, etc.

La forme d'énergie la plus utilisée dans les domaines de la cuisson et du chauffage est le bois énergie. Or, l'exploitation excessive de ce dernier entraîne la dégradation de l'environnement et constitue une source importante d'émission de gaz à effet de serre. Sa substitution par l'énergie solaire thermique constituerait une meilleure option technologique d'atténuation des émissions de gaz à effet de serre.

L'utilisation généralisée des séchoirs solaires rendue possible par la disponibilité de l'énergie solaire thermique aura pour principaux impacts la réduction des pertes économiques, l'amélioration de la salubrité publique et la réduction des émissions de gaz à effet de serre.

En effet, les séchoirs solaires contribueront à la réduction des pertes des produits agricoles et halieutiques liées à l'insuffisance d'ensoleillement et d'équipement de conservation desdits produits au froid.

En outre, ils contribuent à l'amélioration de la salubrité publique notamment à travers la réduction des déchets jetés dans la nature et des émissions de gaz à effet de serre dues à l'utilisation du bois énergie pour la conservation du poisson par fumage et le séchage du thé. Dans ce dernier cas, les séchoirs solaires peuvent remplacer le bois énergie.

### **3.3.6. Aérogénération et valorisation de l'énergie éolienne**

L'énergie éolienne fait partie des énergies nouvelles. C'est une forme d'énergie propre et alternative aux énergies traditionnelles. Elle peut contribuer à la compensation du déficit en énergie hydraulique. L'accroissement de l'accès à l'énergie éolienne est essentiel pour assurer le développement socio-économique. La disponibilité de l'énergie électrique permettrait l'amélioration de la salubrité, de la productivité agricole, de la santé, de l'éducation, des communications et de l'accès à l'eau potable.

### **3.3.7. Multiplication et optimisation des microcentrales hydroélectriques**

La construction et l'exploitation de nouvelles centrales hydroélectriques est l'une des actions de la mise en œuvre de la politique du Gouvernement en matière d'énergie. La construction de 3 microcentrales hydroélectriques fait partie des principales options de technologies de réduction des émissions de GES proposées dans le cadre la CPDN.

En effet, à travers le remplacement du bois énergie et des produits pétroliers, l'hydroélectricité permettrait sans doute de réduire les émissions liées à l'utilisation des combustibles polluantes.

### **3.3.8. Uniformisation et optimisation des systèmes de carbonisation**

La méthode traditionnelle de fabrication de charbon de bois utilisée au Burundi à plus de 99.6% est la méthode de meule en terre, son rendement pondéral est très faible ; il est de l'ordre de 10%. Cette technique qui occasionne une grande perte de la matière première contribue ainsi à l'augmentation de la pression sur la ressource forestière et partant à l'accroissement des émissions des gaz à effet de serre.

Afin de faire face à cette situation, l'usage du four amélioré est requis. A titre d'exemple le modèle «*Four cornu de Cotonou* » à rendement pondéral supérieur ou égal à 25% comparé au four traditionnel Burundais, il permet une économie de bois (masse) de 60% soit 73.17% du volume de bois sur pied c'est-à-dire 1 214 443 m<sup>3</sup> ; ceci permet de récupérer au moins 1 622 gigagrammes de CO<sub>2</sub> à raison d'un gigagramme de CO<sub>2</sub> pour 748.520 m<sup>3</sup> de bois exploité ( NYENGAYENGE D, 2009).

## **3.4. Critères et processus de priorisation des technologies**

Cette étape comprend la détermination des critères d'évaluation des performances et les procédures de classement des technologies.

### **3.4.1. Détermination des critères d'évaluation des performances des options technologiques**

L'évaluation a pour objet de sélectionner les technologies à faible coûts mais permettant de maximiser les bénéfices en termes de développement et de réduction d'émissions de GES. Les critères sont des mesures de performances selon lesquelles, les technologies sont jugées (GEBT, 2010).

Après établissement d'une liste des options technologiques pour l'atténuation des émissions de GES, il a été ensuite procédé à l'identification des critères d'évaluation des performances de ces options. La figure n°4 indique les relations hiérarchiques entre les critères d'évaluation des performances de technologies. Il s'agit des avantages pour le développement durable et la faisabilité de la technologie.

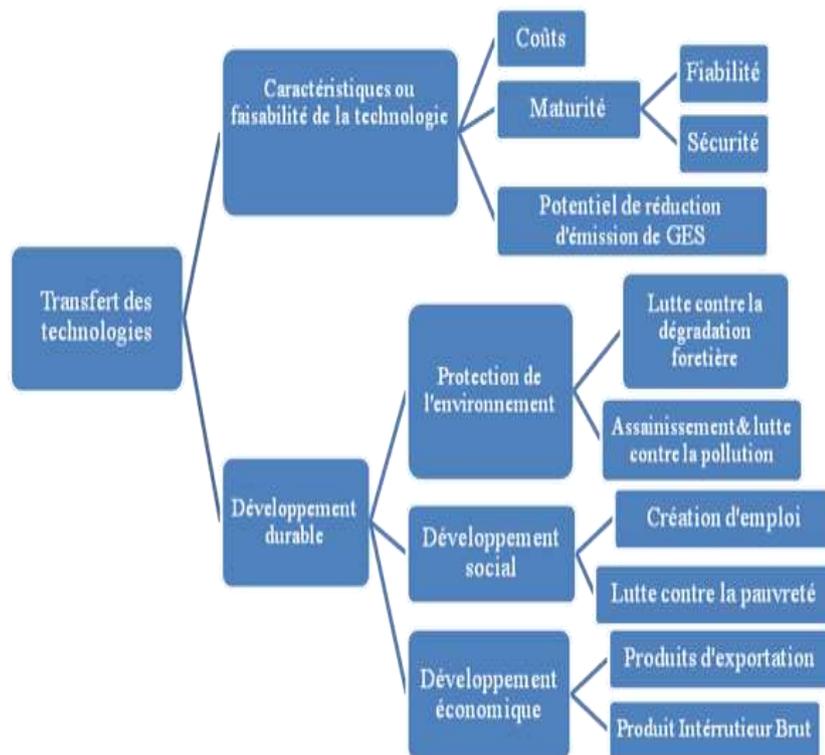
## **1. Avantages sur le développement durable**

1.1. Importance économique : l'influence de la technologie sur le produit intérieur brut (PIB), produit d'exportation (PE) ;

- 1.2.Importance sociale : lutte contre la pauvreté(LP), la création d'emploi(CE) ;
- 1.3.Protection de l'environnement : assainissement lutte contre la pollution et la dégradation des forêts (ALP&DF).

**2.Caractéristiques technologiques ou faisabilité de la technologie**

- 2.1.potentiel de réduction des émissions de GES (PRE) ;
- 2.2.maturité technologique : sécurité (S) liée à la manipulation ou l'utilisation de la technologie :
- 2.3.-fiabilité technologique(F) et sécurité ;
- 2.4.Coût de la technologie(C).



**Figure 4.** Arbre à critères d'évaluation des options technologiques

**Travaux en commission**

Après la présentation et l'explication de la méthodologie, les participants à l'atelier ont été regroupés en commission pour procéder à l'analyse, la validation, notation, au classement des technologies identifiées.



**Figure n° 5** visualise la séance d'explication du travail à faire en commissions

### **3.4.2. Notation et classement préliminaire des options technologiques**

A cette étape, une note a été attribuée à chaque option technologique en tenant compte de la performance de cette dernière par rapport au critère d'évaluation choisi. Pour permettre la comparaison des différentes options technologiques évaluées en unités différentes, il a été opté de noter sur base d'une même unité et sur une même échelle de mesure.

Ainsi, les technologies sont donc notées sur une échelle de 1 à 10, la note 1: signifiant extrêmement faible ; la note 2: plus faible ; la note 3: très faible ; la note 4: faible ; la note 5: moyenne ; la note 6: grande ; la note 7 : très grande ; la note 8: plus grande ; la note 9: excellente ; la note 10: très excellente. A la fin de la notation, une moyenne des notes pour chaque technologie a été dégagée et un classement préliminaire des technologies a été établi (Tableau n°8).



**Figure n°6** illustre l'image des travaux en commission pour l'analyse, la validation et la priorisation des technologies identifiées dans le secteur énergie, sous secteur résidentiel

**Tableau n °8.** Résultats de la notation des options technologiques du Secteur de l'Energie

Options technologiques	Critères d'évaluation de la technologie									
	Développement durable						Caractéristiques de technologie			
	Développement économique		Développement social		Protection de l'environnement		Potentiel de réduction d'émission	Maturité		Coût (10 <sup>6</sup> FBU)
	Produit intérieur Brut	Produit d'exportation	Lutte contre la pauvreté	Création d'emploi	Assainissement et lutte contre la pollution	Lutte contre la dégradation des forêts		Sécurité	Fiabilité	
1. Standardisation et optimisation des foyers améliorés	8	6	9	8	7	8	8	9	9	0.16
2. Méthanisation pour la production du biogaz	7	8	7	6	8	6	6	6	8	0.96
3. Standardisation, optimisation, adaptation et diffusion des lames à basse consommation	7	7	5	4	6	6	5	7	8	0.164
4. Captage et valorisation de l'énergie solaire photovoltaïque	8	7	6	7	6	7	7	6	8	1.45
5. Séchage solaire	7	5	7	6	5	7	4	6	6	0.484
6. Génération et valorisation énergétique de l'énergie éolienne	6	6	6	7	6	6	5	6	7	0.33
7. Développement et multiplication des microcentrales hydroélectriques	9	9	8	9	9	5	6	5	7	34

8. Uniformisation et optimisation des systèmes de carbonisation	5	4	4	6	4	9	9	6	5	0.006
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	-------

### 3.4.3. Standardisation et classement des options technologiques selon l'analyse dite « Analyse », (AMC)

Pour permettre la comparaison des différentes technologies évaluées aux moyens des unités de mesures et d'échelles de mesure différentes, il a été opté d'utiliser une échelle commune pour tous les groupes de travail et tous les critères. Cette opération s'appelle normalisation ou standardisation.

Les valeurs de l'échelle utilisée varient de 0 à 100. La note 100 a été attribuée à la technologie la plus préférée et 0 à la moins préférée. Les valeurs normalisées ou standardisées sont obtenues par l'application des formules suivantes :

$$a) Y_i = (X_i - X_{\min}) * 100 / (X_{\max} - X_{\min}) \text{ ou } b) Y_i = (X_{\max} - X_i) * 100 / (X_{\max} - X_{\min})$$

Où,  $Y_i$  est le score de l'option  $i$  (valeurs standardisées de la technologie) ;  $X_i$ ,  $X_{\min}$  et  $X_{\max}$  sont respectivement la performance de l'option  $i$ .  $X_{\min}$  et  $X_{\max}$  sont les performances les moins élevées et les plus élevées parmi les options pour un même critère d'évaluation.

L'application de ces formules a permis d'obtenir des coefficients de standardisation pour chaque technologie et une matrice de standardisation.

a) est utilisée quand la valeur préférée est plus élevée et b) dans le cas contraire. Les résultats de cette standardisation sont présentés au tableau n° 9

**Tableau n° 9.** Résultats de la standardisation des options technologiques du Secteur de l'Énergie

Technologies	Critères d'évaluation										Score total	Moyenne AMCI	Classement
	Développement durable						Caractéristiques technologiques						
	Développement				Protection de l'Environnement		Potentiel de réduction d'émission	Maturité		Coût			
	économique		social		Assainissement & Lutte contre la Pollution	Lutte contre la dégradation des forêts		Sécurité	Fiabilité				
	Produit intérieur Brut	Produit d'exportation	Lutte contre la Pauvreté	Création d'emploi									
1. Standardisation et optimisation des foyers améliorés	60	40	100	80	60	75	80	100	100	99,5	794,5	79,5	1 <sup>ère</sup>
2, Méthanisation pour la production du biogaz	40	80	60	40	80	25	40	25	75	97,2	562,2	56,2	3 <sup>ème</sup>
3, Standardisation, optimisation, adaptation et diffusion des lames à basse consommation	40	60	20	0	40	25	20	50	75	99,7	429,5	43	5 <sup>ème</sup>
4, Captage et valorisation de l'énergie solaire photovoltaïque	60	60	40	60	40	50	60	25	75	95,75	565,7	56,6	2 <sup>ème</sup>
5, Séchage solaire	40	20	60	40	20	50	0	25	25	98,6	378,6	38	7 <sup>ème</sup>
6, Génération et valorisation énergétique de l'énergie éolienne	20	40	40	60	40	25	20	25	50	99	419	42	6 <sup>ème</sup>
7, Multiplication et optimisation des microcentrales hydroélectriques	80	100	80	100	100	0	40	0	50	0	550	55	4 <sup>ème</sup>
8, Uniformisation et optimisation des systèmes de carbonisation	0	0	0	40	0	100	100	25	0	100	365	36,5	8 <sup>ème</sup>

### 3.4.4. Pondération des critères d'évaluation et calcul des résultats

#### 3.4.4.1. Pondération des critères d'évaluation et calcul des résultats

Le deuxième niveau de priorisation des technologies fait intervenir les poids de pondération. La pondération est une opération mathématique visant à attribuer plus ou moins du poids au critère d'une technologie selon son avantage ou désavantage afin de la rendre plus prioritaire par rapport aux autres technologies,

#### 3.4.4.2. Combinaison des scores et pondérations des critères

Le score d'une technologie  $i$  par rapport à un critère  $j$  est obtenu par la multiplication du coefficient de standardisation à la valeur de la pondération d'un critère  $j$ . Le score total de la technologie  $i$  est fourni par la formule suivante :

$$S_{ij} = \sum_{j=1}^n W_j S_{ij}$$

où  $S_{ij}$  est le score de la technologie  $i$  par rapport au critère  $j$ .  $W_j$  est le poids de pondération du critère  $j$ ,

### 3.5. Résultats de la priorisation des technologies

#### 3.5.1. Résultats de l'analyse multicritère

Après l'affectation des notes de pondérations aux critères d'évaluation dans la matrice de standardisation des technologies, le résultat est introduit dans le logiciel TNAssess. Par la méthode d'analyse multicritère (AMC), ce logiciel combine les notes attribuées aux technologies et les valeurs de pondération des critères d'évaluation pour fournir un score à chaque technologie et le classement des technologies selon les scores obtenus. Les résultats obtenus sont présentés aux tableaux n°10 et 11.

**Tableau n°10.** Les résultats de la pondération dans le Secteur de l'Energie

n° d'ordre	Technologiques	Note pondérée
1.	Standardisation et optimisation des Foyers améliorés	79,5
2.	Méthanisation pour la production du biogaz	51,04
3.	Standardisation, optimisation, adaptation et diffusion des lames à basse consommation	34,80
4.	Captage et valorisation de l'énergie solaire photovoltaïque	57,75
5.	Séchage solaire	29,66
6.	Génération et valorisation énergétique de l'énergie éolienne	31,63
7.	Multiplication et optimisation des microcentrales hydroélectriques	58,13
8.	Standardisation et optimisation des fours à carbonisation	34,50

**Le tableau n°11.** Le classement des technologies pondérées dans le Secteur de l'Énergie

n° de classement	Technologiques	Note pondérée
1.	Standardisation et optimisation des Foyers améliorés	79,5
2.	Multiplication et optimisation des microcentrales hydroélectriques	58,13
3.	Captage et valorisation de l'énergie solaire photovoltaïque	57,75
4.	Méthanisation pour la production du biogaz	51,04
5.	Standardisation, optimisation, adaptation et diffusion des lames à basse consommation	34,80
6.	Standardisation et optimisation des fours à carbonisation	34,50
7.	Génération et valorisation énergétique de l'énergie éolienne	31,63
8.	Séchage solaire	29,66

### 3.5.2.Examen des résultats de l'évaluation des technologies

Les technologies priorisées sont par ordre décroissant : standardisation et optimisation des foyers améliorés ; multiplication et optimisation des microcentrales hydroélectriques et captage et valorisation de l'énergie solaire photovoltaïque. Ces technologies cadrent bien avec le contexte de décision. En effet, elles permettront de valoriser le potentiel hydroélectrique et solaire et ainsi limiter l'utilisation des sources d'énergie polluantes. Elles permettront également d'améliorer l'efficacité énergétique des foyers.

**Tableau n°12.** Tableau comparatif des résultats de la standardisation et de la pondération dans le Secteur de l'Énergie.

Classement des technologies	Point obtenus avant pondération (note standardisée)	Points obtenus après pondération
1.Standardisation et optimisation des Foyers améliorés	79,45	79,5
2.Captage et valorisation de l'énergie photovoltaïque	56,57	58,10
3.Méthanisation pour la production du biogaz	56,22	51,00
4.Développement et multiplication des microcentrales hydroélectriques	55	57,8

Les résultats présentés au tableau n°12 montrent que l'affectation de 50% des poids de pondération aux avantages pour le développement durable n'influence pas beaucoup le score des technologies standardisées. Car, à l'exception de la méthanisation qui a perdu sa place en faveur des microcentrales hydroélectriques, les 4 technologies classées manuellement premières sont restées dans la même catégorie de classement des technologies.

Concernant la standardisation et l'optimisation des foyers améliorés, le score a peu augmenté. S'agissant du captage et de valorisation de l'énergie solaire photovoltaïque et les microcentrales hydroélectriques, les scores ont augmenté d'au moins de 2%. En conclusion, la pondération des critères d'évaluation a été défavorable à la méthanisation pour la production du biogaz.

Toutefois, les trois premières technologies priorisées sont les mieux indiquées pour résoudre à la fois le problème énergétique et contribuer à la réduction des émissions de gaz à effet de serre à travers l'amélioration de l'efficacité énergétique des équipements énergétiques, la valorisation du potentiel énergétique de la biomasse, de l'eau et du soleil.

La mise en œuvre de ces technologies permettra de réduire la consommation des combustibles générateurs d'émission de GES comme le bois énergie, le charbon de bois, la tourbe et produits pétroliers, etc.

La mise en œuvre de ces technologies contribuera également au développement socio-économique notamment à travers la disponibilité de l'énergie nécessaire pour renforcer le développement des secteurs porteurs de croissance comme l'agriculture et l'industrie.

### 3.5.3. Analyse de la sensibilité des résultats d'évaluation des technologies dans le Secteur de l'Energie

Comme pour la notation, l'équipe de travail a discuté longuement sur les variations des pondérations afin d'analyser l'influence de la variation des poids de pondération des critères d'évaluation des performances des technologies sur les scores des technologies prioritaires et se convenir sur les technologies à retenir. Le jeu a consisté à faire varier le poids de pondération des avantages de développement durable et conséquemment ceux de la faisabilité de la technologie.

Les poids de pondération attribués aux avantages de développement durable respectivement au premier, deuxième et troisième scénario sont 40%, 50% et 60%. Les résultats dudit jeu sont présentés au tableau n°13.

**Tableau n°13. Synthèse des résultats des scénarii dans le Secteur de l'Energie**

N°	Technologie	Note pondérée		
		S1	S2	S3
1	Standardisation et optimisation des Foyers améliorés	80,8	79,5	74,3
2	Multiplication et optimisation des microcentrales hydroélectriques	51,00	58,1	66,6
3	Captage et valorisation de l'énergie solaire photovoltaïque	57,0	57,8	60,5
4	Méthanisation pour la production du biogaz	50,5	51,0	51,5
5	Standardisation et optimisation des fours de carbonisation	35,8	34,5	35,3
6	Standardisation, optimisation, adaptation et diffusion des lames à basse consommation	37,6	34,8	33,1
7	Génération et valorisation énergétique de l'énergie éolienne	32,1	31,6	32,1
8	Séchage solaire	26,7	29,7	29,7

Les résultats des trois scénarii montrent que les technologies prioritaires demeurent identiques. Ils montrent en outre que les scores de ces dernières changent selon le scénario mis en jeu. Concernant la standardisation et l'optimisation des foyers améliorés, le score a diminué avec l'accroissement du poids de pondération des avantages de développement durable. Cela veut dire que l'usage généralisé des foyers améliorés contribuerait plus à l'atténuation des émissions de GES qu'au développement durable.

S'agissant du captage et de valorisation de l'énergie solaire photovoltaïque et les microcentrales hydroélectriques, les scores ont augmenté avec l'accroissement du poids de pondération affecté aux avantages de développement durable. Cela veut dire que ces technologies contribuent plus aux avantages de développement durable qu'à l'atténuation des émissions de GES.

En conclusion, l'accroissement du poids de pondération des avantages économiques est défavorable pour la technologie « standardisation et optimisation des foyers améliorés » mais favorable pour les deux autres technologies prioritaires. Finalement les meilleurs résultats sont obtenus en 3<sup>ème</sup> scénario ; les notes obtenues sont supérieures à 60%.

## CHAPITRE IV. PRIORISATION DES TECHNOLOGIES DU SECTEUR DES DECHETS

Comme pour le secteur de l'Énergie, la priorisation des technologies a été organisée et exécutée en 5 principales étapes comprenant les principales actions suivantes : (i) l'analyse de l'état des lieux des émissions de GES et des Technologies ; (ii) la détermination du contexte de décision ; (iii) l'identification des options technologiques ; (iv) le choix des critères d'évaluation des performances des technologies et processus de priorisation de priorisation des technologies ; (v) examen et analyse de la sensibilité des résultats de la priorisation des options technologiques.

### 4.1. Émissions et technologies existantes

#### – Les émissions de gaz à effet de serre

Les gaz à effet de serre émis par ces déchets sont : le méthane (CH<sub>4</sub>), le gaz carbonique (CO<sub>2</sub>) et l'oxyde nitreux (N<sub>2</sub>O).

Parmi les cinq secteurs couverts par les inventaires nationaux de gaz à effet de serre, c'est le secteur des déchets qui émettent moins d'émissions. Le bilan des émissions pour l'année 2005 et sa projection montrent que la contribution du secteur déchet aux émissions nationales reste inférieure à 1%.

**Tableau n°14.** Répartition des émissions sectorielles en équivalent CO<sub>2</sub> pour l'année 2005

Secteur	Quantité en Gg ECO2	Pourcentage
énergie	356,07	0,90
Agriculture	25916,26	65,57
ATCATF	13049,42	33,01
Déchets	200,02	0,51
	39521,77	100

**Source :** Département de l'Environnement, Rapport synthèse des études d'atténuation des émissions anthropiques de Gaz à effet de serre, 2009

**Tableau n°15.** Bilan des émissions sectorielles à l'horizon 2050 en Gigagrammes d'Equivalent CO<sub>2</sub> Selon le scénario de référence

Année	Emissions en Gigagrammes d'Equivalent CO2					Emissions nettes	pourcentage
	Procédés industriels	énergie	Agriculture	ATCATF	Déchets		
2010	0,17	61	33922	-10869	223,99	23338,16	0,959759
2015	0,19	81	44549,2	-8108	256,03	36778,42	0,696142
2020	0,20	107,1	58985	-4769	292,58	54615,88	0,535705
2025	0,22	140,6	60436,1	-1837	337,31	59077,23	0,570964
2030	0,23	183,9	61092,1	+1366	385,23	63027,46	0,61121
2035	0,24	239,6	61732,1	+4378	438,63	66788,57	0,656744
2040	0,26	310,9	6256,1	+7506	501,24	70874,5	0,707222
2045	0,27	401,9	63601,6	+10331	587,04	74921,81	0,783537
2050	0,29	517,7	649927,8	+13693	670,79	79809,58	0,840488

**Source :** Département de l'Environnement, Rapport synthèse des études d'atténuation des émissions anthropiques de Gaz à effet de serre, 2009

## –Les technologies existantes

L'analyse documentaire complétée par les résultats de la consultation des parties prenantes du secteur des déchets ont permis de dresser une liste des technologies utilisées dans ledit secteur. Ainsi une liste des principales technologies d'atténuation déjà expérimentées ou utilisées sont répertoriées au tableau n°16.

**Tableau n°16.** Liste des technologies existantes

Sous-secteur	Options technologiques	Référence bibliographique/Entreprise Responsable
Valorisation des déchets	1.Compostage des déchets	Seconde Communication Nationale sur le changement Climatique
	2.Transformation de la bagasse en énergie électrique	Seconde Communication Nationale sur le changement Climatique
	3. Fabrication des briquettes de biomasse à des fins énergétiques	Burundi Cooking Stove (BCS); Agence Belge de Développement, CTB Burundi-Programme pavage
	4.Recyclage des déchets métalliques	Entreprise IRON&STEEL
	5.Recyclages des déchets plastiques	AKSHAR KRUPA &SAVONOR
Assainissement	6, Prétraitement des eaux usées (bassins de prétraitement)	Seconde Communication Nationale sur le changement Climatique
	7, Incinération des déchets biomédicaux	Ministère de la santé publique

### 4.2. Contexte de décision

Bien que les déchets constituent une source de pollution de l'environnement et qui de ce fait dégradent l'environnement et détériorent le cadre de vie, ils constituent une source de revenus pour ceux qui disposent des technologies de valorisation.

Cela est justifié par la prolifération des associations privées pour la collecte et le traitement des déchets en plus de la régie des Services Techniques Municipaux « SETEMU, Parmi celles-là, on peut citer : Burundi Family Cleaning ; AJPE, BGC, EAMCO et la Bioénergie, etc.

Un autre important élément de preuve c'est la naissance des entreprises qui s'occupent du recyclage des déchets, Parmi celles-là, on peut citer « AKSHAR et KRUPA SAVONOR » qui s'occupent du recyclage des déchets plastiques ainsi que l'entreprise « IRON & STEEL » en ce qui concerne les déchets métalliques ainsi que la Société Biogaz du Burundi.

Malheureusement, ni ces associations, ni ces entreprises ni la régie des « SETEMU », aucune organisation n'est à la hauteur de garantir la protection de l'environnement et la préservation du cadre de vie en ce qui concerne les problèmes et les risques liés aux déchets.

Néanmoins, sur le plan politique, il est prévu de pourvoir au secteur de Gestion des déchets des moyens suffisants pour améliorer sa gestion (PNA, 2012), Ainsi, des objectifs ont été fixés, Parmi les principaux objectifs fixés, on peut citer : (i) la hausse du taux d'accès des ménages urbains à un assainissement amélioré à 90 % et à 80 % pour les ménages ruraux en ce qui concerne la gestion des déchets liquides domestiques ; (ii) la hausse du taux de collecte des ordures ménagères jusqu'à desservir 50% à 80% des ménages selon la densité de la population et (iii) la mise en place des CET équipés pour le stockage et le traitement des déchets solides domestiques.

L'analyse des documents de politiques relatives à l'assainissement et de l'état des lieux de la gestion des déchets interpelle les gestionnaires dudit secteur à disponibiliser des moyens pour concevoir et appliquer les technologies appropriées pour la maîtrise de la gestion et la valorisation des déchets.

C'est dans ce contexte qu'intervient la priorisation des technologies d'atténuation des émissions de GES.

En effet, dans le secteur de Gestion des Déchets interviennent plusieurs acteurs utilisant des technologies différentes dont les unes (brulage) ont des impacts négatifs sur l'environnement et la santé humaine, Il convient alors de procéder au choix afin de ne garder que les technologies efficaces et non dégradantes de l'environnement et du cadre de vie. Ces technologies doivent permettre au Burundi de satisfaire les objectifs de développement durable et de réduction des émissions de GES à travers la valorisation des déchets.

Les principaux objectifs de valorisation des déchets sont : (i) l'intégration des déchets dans le circuit de production (énergie, matière organique, etc) ; (ii) la création d'emploi et l'amélioration des revenus des ménages ; (iii) la réduction des émissions de GES.

La réalisation de ces objectifs permettra au Burundi d'honorer ses engagements pris notamment dans le cadre de la mise en œuvre de la CCNUCC et particulièrement la CPDN dans la mesure où elle contribuera à la production d'énergie propre(i) et à la réduction de la consommation du bois énergie (i & iii) ainsi qu'à la substitution des engrais minéraux par du compost(i).

Dans le but de mieux gérer le secteur des déchets, le Gouvernement du Burundi a mis en place un cadre institutionnel et lui a doté des instruments politiques et juridiques et techniques. Mais étant donné la transversalité du secteur des déchets, les responsabilités dans la gestion dudit secteur sont partagées entre plusieurs acteurs publics et privés.

Le principal acteur public est le Ministre en charge de l'Eau, de l'Environnement, de l'Aménagement du territoire et de l'Urbanisme, Les autres acteurs publics sont :

- 1.Le Ministère en charge de l'intérieur à travers les services communaux dont la régie des services techniques municipaux (SETEMU) en ville de Bujumbura;
- 2.Le Ministère en charge de la santé publique et de la lutte contre le SIDA qui gère les déchets par le biais de la Direction de la promotion de la santé, de l'hygiène et de l'assainissement (DPSHA) ;
- 3.Le Ministère en charge de l'énergie et des Mines à travers la Direction Générale des infrastructures et de l'Assainissement de base (DGIHA) et l'Agence Burundaise de l'Hydraulique Rurale ;
- 4.Le Ministère en charge du commerce, de l'industrie, des postes et du tourisme par le biais du Bureau Burundais de normalisation et de contrôle de qualité.

Quant aux acteurs privés, ils sont composés de plusieurs associations ou d'opérateurs de collecte et de traitement des déchets ainsi que des entreprises de recyclage des déchets.

#### **4.3.Aperçu des technologies possibles d'atténuation**

##### **4.3.1.Méthanisation pour la production du biogaz**

La technologie de biogaz est une méthode de valorisation énergétique des déchets biodégradables se traduisant par la production d'un gaz combustible (le biogaz) en l'absence de l'air, par l'action bactérienne, Elle permet de:

- éliminer les nuisances liées aux déchets ;
- produire de l'énergie directement utilisable et renouvelable pouvant substituer une partie des produits pétroliers importés et une part non négligeable du bois pour la satisfaction des besoins énergétiques de cuisson, d'éclairage, de chauffage et de réfrigération ;
- réduire les émissions de GES ;

En outre, le sous produit de la biométhanisation (digestat) est utilisé comme engrais en substitution des fertilisants artificiels considérés comme matière réputés dégradante de l'environnement.

Les candidats potentiels pour l'utilisation de cette technologie sont : les ménages ruraux isolés et/ ou regroupés en villages ainsi que les collectivités rurales dont les centres de santé, les hôpitaux, les camps militaires et policiers, les écoles à régime d'internat, etc.

### **4.3.2.Optimisation des capacités des briquettes de biomasse**

La fabrication des briquettes de charbon à base des déchets organiques est une autre option technologique qui est actuellement préconisée, d'une part pour la réduction des émissions de méthane(CH<sub>4</sub>) produit à partir des déchets solides mis dans les sites de décharge, et d'autre part pour la réduction de la pression sur les formations forestières qui constituent un puits de gaz à effets de serre.

En effet, l'adoption de cette technologie a un double avantage : la réduction des émissions de méthane (CH<sub>4</sub>) et la séquestration des émissions de dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>).

Les briquettes de biomasse sont jusqu'aujourd'hui fabriquées en Mairie de Bujumbura par de petites entreprises, associations et projets privés dont les sociétés Bioénergie Burundi, Burundi Quality Stoves (BQS), Association pour le Développement et la Lutte contre la Pauvreté (ADLP), le projet « Assainissement, développement socio-économique pour le pavage HIMO », etc., Les utilisateurs potentiels du charbon de biomasse sont les ménages et les camps militaires de la Mairie de Bujumbura.

### **4.3.3.Recyclage des déchets organiques industriels**

#### **4.3.3.1.Introduction**

La quantité de déchets varie avec la nature et la quantité de la matière et les performances technologiques utilisées pour la production d'un bien. Plus les déchets deviennent nombreux, plus il sera difficile de les gérer. Il conviendrait donc que les industries prennent des précautions dans le processus de valorisation des déchets afin éviter des éventuels dangers liés à ces derniers mais surtout promouvoir l'économie nationale.

#### **4.3.3.2.Etat des lieux au Burundi**

La décharge contrôlée et la station d'épuration des eaux usées disponibles au Burundi sont sous exploitées, faute d'approvisionnement en déchets. Pour la décharge, le problème posé est l'insuffisance au niveau des techniques de collecte. En effet, les déchets collectés en vrac et déposés comme tels se décomposent difficilement et deviennent ainsi encombrants pour une décharge à capacité limitée si bien que les déchets devenus excédentaires sont déposés en dehors de la décharge.

Quant à la station, elle reçoit moins de matière faute de raccordements aux sources d'approvisionnement.S'agissant de la technologie de recyclage, il y a lieu de se féliciter de l'initiative prise par la Société sucrière du Moso (SOSUMO), Cette société produit de l'électricité à base des déchets de canne à sucre (bagasse).

### **4.3.4. Compostage des déchets organiques**

Le compostage de déchets organiques est une des options technologiques de gestion des déchets pour la réduction des émissions liés aux déchets solides. Il est d'autant plus intéressant dans la mesure où il permet à la fois la réduction des émissions du méthane et la production du compost. Le compostage peut se faire à l'échelle nationale. Mais, il est plus intéressant à la campagne qu'en ville.

## **4.3.5. Recyclage des déchets métalliques**

### **4.3.5.1. Introduction**

La production du matériel génère toujours des déchets ; le rendement à la transformation n'est jamais parfaite à 100%, car les technologies ne sont jamais performantes à 100%. Les déchets peuvent aussi provenir de l'usure du matériel.

Les principales conséquences visibles de la prolifération des déchets sont l'insalubrité publique entraînant toutes les formes de pollution pouvant aboutir à la dégradation de l'environnement et du cadre de vie.

Par ailleurs suite à l'insuffisance énergétique et la rareté de la matière première, le coût de production ou de transformation d'un bien continue à augmenter. Alors pour concilier le développement économique et la préservation du cadre de vie, il conviendrait de concevoir un système permettant à la fois l'économie d'énergie et le développement durable. C'est dans ce cadre que le recyclage des déchets solides est proposé.

### **4.3.5.2. Définition et processus**

#### **❖ Définition**

Le recyclage consiste à soumettre les déchets aux procédés de transformation afin d'en tirer un nouveau produit.

#### **❖ Processus**

Le processus comprend la collecte, le triage, le nettoyage, le broyage ainsi d'autres procédés physico-chimiques. Les moyens de base nécessaires sont une source d'alimentation en énergie, un moteur pour la transformation de l'énergie disponible en énergie utilisable.

### **4.3.5.2. Etat des lieux au Burundi**

Au Burundi, il existe une entreprise de production des fers à béton par le recyclage des déchets métalliques, Cette entreprise qui fonctionne, il y a au moins trois ans, s'appelle IRON & STEEL.

Les premières phases du processus de recyclage comprennent la collecte, le triage, le pesage et le transport ainsi que le dépôt des déchets métalliques à l'usine. Les secondes étapes comprennent la mise en format de la fonte et le dimensionnement des bars de fers.

### **4.3.5.3. Principaux impacts**

Les principaux impacts du recyclage des déchets métalliques sont :

- La réduction des importations du métal (fer) ;
- La création d'emploi;
- L'amélioration du revenu des ménages travaillant dans l'usine;
- La réduction des dépenses liées à l'achat du fer ;
- La réduction de la pollution liée à l'entassement des déchets d'origine métallique ;
- La limitation de la dégradation forestière par la substitution du bois par le fer dans le domaine de la construction.

#### **4.3.5.4.Potentiel de réduction des émissions de GES**

Si l'entreprise de production des objets métalliques était développée au Burundi, elle contribuerait à la réduction des émissions liées à l'utilisation du bois. Si par substitution du bois de construction par du métal, elle parvenait à réduire de moitié par exemple la consommation du bois d'œuvre (0,04 m<sup>3</sup>/hab/an) et de service (0,75m<sup>3</sup>/hab/an) estimée à 0,115 m<sup>3</sup>/hab/an pour une population estimée à 9 000 000 d'habitants, on aura évité une émission près de 778 Gigagrammes de CO<sub>2</sub> par an.

#### **4.3.5.5.Coût**

Le coût des équipements avoisinent sept milliards (7 000 000 000 FBU) soit 3,5 millions de dollars américains, Le coût de l'énergie pour faire fonctionner l'usine est estimé à plus ou moins six cent millions de francs Burundais par an (600 000 000FBU) soit trois cent mille dollars américains par an.

### **4.3.6.Valorisation des eaux usées à des fins agricoles**

#### **4.3.6.1.Introduction**

La faible fertilité des sols associée au manque de fumure organique obligent les agriculteurs à recourir aux différents intrants dont certains posent des problèmes à l'environnement, Il s'agit des engrais minéraux, du fumier de ferme, du compost, des eaux usées, etc. Les engrais minéraux coûtent très chers en termes de moyens financiers pour leur acquisition et pour la réparation des dégâts éventuels causés à l'environnement.

Quant aux eaux usées, elles sont aussi des sources d'émission de GES. En cas de protection de l'environnement, elles coûtent très chers en termes de gestion. Mais, après un traitement approprié, elles peuvent remplacer les engrais minéraux. Pour éviter d'éventuels problèmes environnement et des coûts d'intrants trop élevés, il serait intéressant de concevoir un système de valorisation des eaux usées.

#### **4.3.6.2.Définition et fonctionnement**

La valorisation consiste à mettre en valeur un produit non exploité ou à rentabiliser davantage un produit sous exploité.

#### **4.3.6.3.Etat des lieux au Burundi**

Au Burundi, les eaux usées peuvent parfois servir à l'irrigation des cultures dans des cas isolés. Les cas les plus connus sont l'irrigation des plantations installées en amont de certains établissements publics comme les écoles, les hôpitaux, les prisons et les camps militaires. Mais cela n'est possible que pour certaines espèces de tolérantes de l'excès de salinité ou de l'acidité. Concernant les boues, le constat est qu'elles sont peu valorisées,

La régie des SETEMU dispose d'une station d'épuration des eaux usées. La technique d'épuration consiste à séparer l'eau des éléments solides et gazeux. L'eau épurée est retournée au réseau naturel d'écoulement vers le lac Tanganika. Tandis que la boue retirée des eaux usées est rejetée alors qu'elle pourrait servir à la fertilisation des cultures et ainsi contribuer à l'accroissement de la production agricole.

#### **4.3.6.4. Principaux impacts**

Les principaux impacts attendus de la valorisation des eaux usées sont :

- L'accroissement de la production agricole ;
- L'économie des devises suite à la réduction des importations d'engrais minéraux ;
- La réduction des émissions de GES liées à l'utilisation des engrais minéraux ;
- La contribution à l'amélioration de la salubrité publique par épandage de la boue.

#### **4.3.6.5.Potentiel de réduction d'émission de GES**

Si toutes les eaux usées épurées sont valorisées, les émissions réduites sont égales aux émissions évitées ou potentielles.

#### **4.3.6.6.Coût**

Les principaux facteurs variables du coût sont la quantité utilisée et la distance à parcourir, La quantité étant variable en fonction de la superficie à irriguer ou fertiliser.

### **4.3.7. Incinération des déchets biomédicaux**

#### **4.3.7.1.Introduction**

Les déchets biomédicaux font partie des déchets dangereux. Outre les effets probables de contamination, ils génèrent des émissions de gaz à effet de serre. La gestion de ces émissions passe aujourd'hui par l'élimination des dits déchets. Or, cette activité requiert beaucoup de moyens d'investissement dont l'achat d'un incinérateur. Dans le but de réduire ces dépenses et accroître la production énergétique, il conviendrait de concevoir un système de valorisation énergétique des produits de l'incinération.

#### **4.3.7.2.Principaux impacts**

Les principaux impacts comprennent la production d'électricité dont la vente peut compenser les dépenses liées aux dépenses inhérentes au brûlage des déchets et appuyer les activités génératrices des revenus. L'incinération prévient l'insalubrité publique et la réduction des émissions de gaz à effet de serre.

### **4.3.8. Recyclage des déchets plastiques**

#### **4.3.8.1.Introduction**

Avec la réduction des espaces libres et le développement des activités commerciales entraînant l'accroissement des mouvements des gens parfois sur des longues distances, la tendance est de produire des objets en plastiques moins encombrants en remplacement des objets lourds ou fragiles donc difficiles à transporter. Malheureusement, la plupart de ces plastiques ne sont pas biodégradables. Par conséquent, ils posent probablement des problèmes à l'environnement et à la santé humaine.

Par ailleurs le coût de matière première pour fabriquer ces objets continue à augmenter. Ce qui fait que le coût d'un nouvel objet plastique devient cher. C'est dans le but de faire face à cette situation

que la mise en place d'un système de récupération, de recyclage et de réutilisation des déchets plastiques s'avère indispensable.

L'usage des sachets au Burundi est récent. Mais, elle s'amplifie rapidement surtout dans les centres urbains très importants à savoir, Bujumbura, Gitega, Ngozi. L'usage des bouteilles en plastiques a été amplifié par la naissance des usines de traitement de l'eau d'alimentation.

Concernant la technologie « RRR », il existe deux entreprises privées qui recyclent les déchets plastiques à savoir AKSHAR KRUPA et SAVONOR qui traitent respectivement les déchets de la catégorie de polyéthylène à basse densité (LDPE) et polychlorure de vinyle (PVC).

#### **4.3.8.2.Principaux impacts**

Les principaux impacts de la technologie sont la création des activités génératrices de revenus, l'économie des devises à travers notamment la réduction des importations des emballages en plastiques. D'autres impacts sont l'amélioration de la salubrité publique et l'évitement des émissions de GES notamment par l'interdiction du brûlage et du tassement des déchets plastiques,

#### **4.3.8.3.Coût**

Le Cout d'investissement est estimé à trois milliards de francs Burundais

### **4.3.9.Récupération du méthane aux décharge contrôlée**

#### **4.3.9.1.Introduction**

La récupération du méthane est une des alternatives à l'hydroélectricité pour la production d'énergie électrique. Cette technologie permet à la fois de limiter les émissions du méthane et d'accroître la production électrique. Il serait alors intéressant de généraliser ses applications dans les pays en voie de développement afin de réduire le déficit énergétique et les émissions de gaz à effet de serre.

#### **4.3.9.2.Définition et fonctionnement**

Par mot « récupérer », il faut entendre « retrouver ». Dans le cas d'espèce, il s'agit de la valorisation du produit naturel longtemps laissé s'échapper dans la nature où il posa probablement des problèmes alors qu'il est utile notamment dans le domaine de l'énergie. La technologie consiste donc à concevoir un système permettant de capter et valoriser le méthane produit dans les décharges.

#### **4.3.9.3.Etat des lieux au Burundi**

Cette technologie n'existe pas au Burundi.

#### **4.3.9.4.Principaux impacts**

Les principaux impacts comprennent :

- la réduction des frais d'importation des produits pétroliers d'où la réalisation d'une économie de devises ;
- La création des activités génératrices de revenus notamment les activités artisanales d'où l'accroissement des revenus des ménages;
- La réduction de la facture sur les dépenses des ménages en ce qui concerne les produits pétroliers et le bois énergie,
- La réduction des émissions du méthane ;
- La réduction de la dégradation forestière ;
- La réduction des émissions liées aux produits pétroliers et bois énergie

Une fois appliqué au Burundi, la technologie de récupération du méthane à la décharge permettrait de réduire les émissions produites à la décharge, C'est-à-dire 0,78Gg de méthane prévu pour l'année 2020 soit 16,38 Gg ECO<sub>2</sub>.

#### **4.3.9.5.Coût**

Les frais pour la construction d'une décharge contrôlée et de son fonctionnement sont estimés à 13 000 000<sup>3</sup> de dollars américains.

### **4.3.10.Epuration des eaux usées par lagunage**

#### **4.3.10.1.Introduction**

Alors qu'elles deviennent de plus en plus une ressource valorisable à des fins diverses dans la plupart des pays, au Burundi, les eaux usées sont encore considérées comme des déchets ; car ces dernières menacent l'homme, les écosystèmes et l'environnement.

Ces menaces sont d'autant plus redoutables qu'elles affectent le lac Tanganika, un écosystème d'intérêt mondial (INECN, 2013). L'absence des mesures effectives de protection de ce lac peut entre autres entraîner la dégradation de l'environnement, la disparition irréversible de certaines espèces végétales et animales, la chute de l'économie nationale et la dégradation du cadre de vie.

C'est pourquoi, il importe de proposer une technologie de traitement des eaux usées en vue de contribuer à l'amélioration de l'assainissement de la ville de Bujumbura et la réduction des émissions de gaz à effet de serre.

#### **4.3.10.2.Définition et description des procédures et techniques de la technologie**

##### **•Définitions**

–Le terme « eaux usées » désigne toutes les eaux usées provenant des ménages, des collectivités, des entreprises commerciales et industrielles. Ces eaux sont polluées. Elles sont une source d'émission du méthane (CH<sub>4</sub>) et de l'hémioxyde d'azote (N<sub>2</sub>O). Elles peuvent contaminer les cours d'eau et les lacs et contribuer ainsi à l'accroissement des émissions de GES et des autres nuisances.

–Le lagunage est un procédé naturel d'épuration des eaux usées permettant de séparer les éléments solides des éléments liquides par sédimentation et d'épurer biologiquement ces eaux par action bactérienne.

##### **•description des procédures et techniques de la technologie**

Le système d'épuration comprend en général 3 bassins dont un bassin de réception appelé aussi bassin anaérobie, un bassin facultatif et un bassin de maturation. Le bassin anaérobie est connecté au réseau des canaux d'évacuation des eaux usées à partir des lieux de production de ces dernières.

Par phénomène physique « décantation », les éléments lourds dont la boue s'accumulent au fond du premier bassin, Tandis que la partie organique des eaux usées, dégradée par les bactéries, elle libère des éléments nutritifs.

Dans le second bassin, les eaux usées sont en présence des sels minéraux, lumière et CO<sub>2</sub>. Cette situation constitue un milieu favorable au développement du phytoplancton, qui à son tour produit de

---

<sup>3</sup> SCNCC, 2010

l'oxygène, Au niveau du troisième bassin, il y a développement du zooplancton qui se nourrit du phytoplancton et des bactéries produits dans le second bassin.

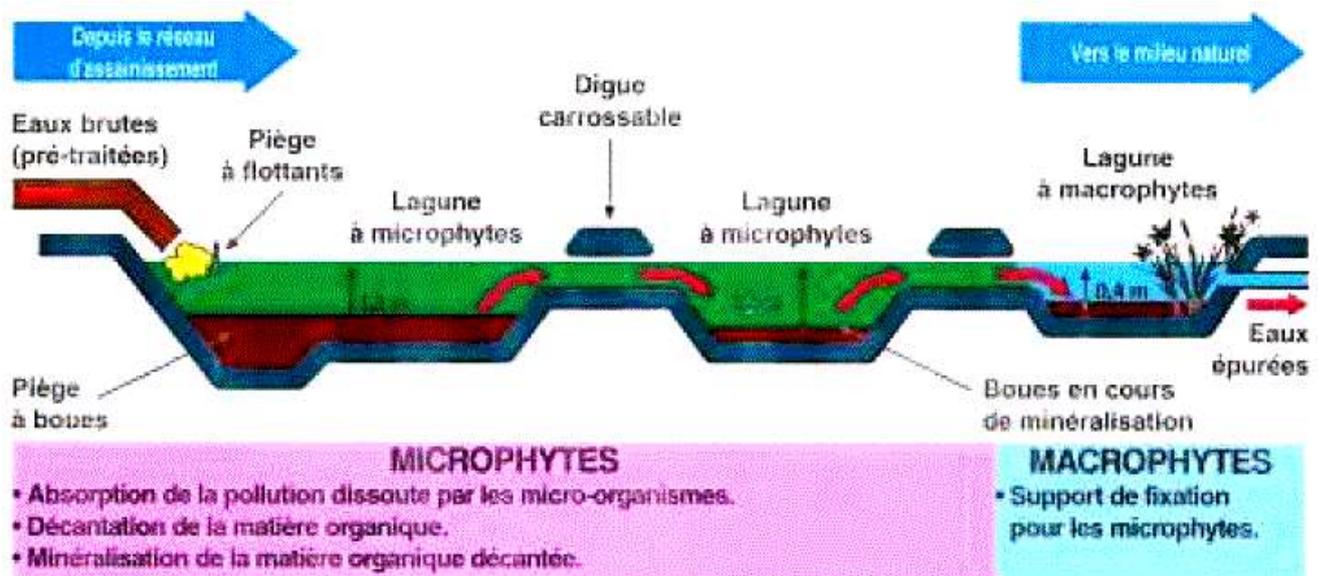


Figure7. Schéma explicatif du système d'épuration des eaux usées

#### 4.3.10.3. Etat des lieux de la technologie

Le Burundi dispose d'une station d'épuration des eaux usées dans la ville de Bujumbura. Celle-ci est localisée dans la région naturelle de l'Imbo à moins de 1000 m d'altitude et aux abords du lac Tanganika. Elle est située en aval des collines à très forte pente de la région du Mumirwa, la région la plus exposée aux risques d'érosion hydraulique.

Dans le but de faire face au problème d'assainissement, le Gouvernement du Burundi a mis en place par décret N° 100/162 du 12 juillet 1983, une institution chargée des travaux municipaux dénommée régie des Services Techniques Municipaux, « SETEMU » en sigle.

Plus tard en mars 1990, dans le cadre du projet « Plan de collecte des déchets de toilette dans la mairie de Bujumbura », il fit mit en place un système de collecte et de traitement des eaux usées comprenant une station d'épuration située au nord du lac Tanganika dans la commune de Buterere. Cette station est fonctionnelle depuis 1993. Sa gestion est remise à la SETEMU en 2000 par GkW.

#### ❖ Capacités de la station d'épuration

	Capacité nominale	Capacité réalisée
Charge hydraulique	60 000 m <sup>3</sup> /j	40 000 m <sup>3</sup> /j
Charge organique (DBO5)	14733 kg/j	9 822 kg/j
Equivalents habitants (EH)	368 325 EH	245 550 EH

Actuellement, 4100 entités dont 3 à 3,5% des ménages sont connectées au réseau d'évacuation des eaux usées (PROSECEAU,) et SETEMU gère près de 145 kilomètres du réseau primaire et secondaire et 40 kilomètres du réseau tertiaire.

Les plus importantes entreprises raccordées à ce réseau sont des industries agroalimentaires et usines qui traitent respectivement des peaux d'animaux et du textile. Il s'agit respectivement de la Brasserie

du Burundi(BRARUDI), de l'abattoir de Bujumbura (SOGIAB), la tannerie (AFRITAN) et l'usine à textile (AFRITEXTILE).

Concernant les stations de pompage, la SETEMU gère actuellement 4 stations de pompage des eaux usées (SP) qui travaillent en série (SP2 et SP3 vers SP1 vers SP4). La station de pompage N° 4 est située à la station d'épuration(STEP).

Faute de raccordement aux sources d'eaux usées, la station est sous exploitée, car le volume d'eau traitée reste inférieur à sa capacité. En conséquence, les problèmes liés à l'assainissement et au changement climatique restent posés.

#### **4.3.10.4. Principaux impacts sont :**

1. l'amélioration de la production halieutique ;
2. le développement du tourisme ;
3. l'accroissement du trafic maritime ;
4. l'accroissement de la production agricole grâce à l'utilisation des boues récupérées du processus d'épuration ;
5. l'amélioration de la salubrité du milieu ;
6. la préservation des écosystèmes et de la biodiversité par la réduction des polluants physiques, liquide et gazeux.

#### **4.3.10.5. Potentiel de réduction des émissions de gaz à effet de serre présenté par la technologie**

Le traitement des eaux usées par lagunage permet d'atténuer les émissions liées aux eaux usées dont les principaux sont le gaz méthane (CH<sub>4</sub>) et l'hémioxyde d'azote (N<sub>2</sub>O). En effet, la technologie est conçue pour créer des conditions défavorables à la production du méthane et pour oxyder l'hémioxyde d'azote(N<sub>2</sub>O). Les émissions d'hémioxydes d'azote sont respectivement estimées à 276,20, 318,62 et 364,02 Gg ECO<sub>2</sub> pour les années 2020,2025 et 2030 (NYENGAYENGE D, 2009).

#### **4.3.10.6. Coût à affecter à cette technologie**

Le montant du coût dépendra des frais de conception du modèle de station à mettre en place, des frais de construction et de gestion du système mis en place.

### **4.4. Critères et processus de priorisation des technologies**

#### **4.4.1. Détermination des critères d'évaluation des performances des options technologiques**

L'évaluation a pour objet de sélectionner les technologies à faible coût mais permettant de maximiser les bénéfices en termes de développement et de réduction d'émissions de GES. Les critères sont des mesures de performances selon lesquelles, les technologies sont jugées ou évaluées (GEBT, 2010).

Le travail préliminaire a consisté à l'établissement d'une liste des options technologiques pour l'atténuation des émissions de GES. En deuxième temps, il a été procédé à l'identification des critères d'évaluation des performances de ces options. La figure n°4 indique les relations hiérarchiques entre les critères d'évaluation des performances de technologies.

#### **4.4.2. Notation et classement préliminaire des options technologiques**

A cette étape, une note a été attribuée à chaque option technologique en tenant compte de la performance de cette dernière par rapport au critère d'évaluation choisi. Pour permettre la comparaison des différentes options technologiques évaluées en unités différentes, il a été opté de noter les technologies sur base d'une même unité et même échelle de mesure.

Ainsi, les technologies sont donc notées sur une échelle de 1 à 10, la note 1: signifiant extrêmement faible ; la note 2: plus faible ; la note 3: très faible ; la note 4: faible ; la note 5: moyenne ; la note 6: grande ; la note 7 : très grande ; la note 8: plus grande ; la note 9: excellente ; la note 10: très excellente, A la fin de la cotation, une moyenne des notes pour chaque technologie a été dégagée et un classement préliminaire des technologies a été établi (Tableau n°16).



**Figure 8. Visualise les images des participants en commission pour l'analyse, la validation et la priorisation des technologies de valorisation des déchets**

**Tableau n° 17. Résultats de la notation des options technologiques dans le Secteur des Déchets**

Options technologiques	Critères d'évaluation de la technologie									
	Développement durable						Caractéristiques de technologie			
	Développement				Protection		Potentiel de réduction d'émission de GES	Maturité		Coût
	économique		Social		de l'environnement			Sécurité	Fiabilité	
Produit intérieur Brut	Produit d'exportation	Lutte contre la pauvreté	Création d'emploi	Assainissement et lutte contre la pollution	Lutte contre la dégradation des forêts					
1.Méthanisation	8,0	8,0	8,0	8,0	8,5	8,5	8	7,5	9	9
2.Optimisation des capacités des briquettes de biomasse	7,5	6,5	8,5	9,0	8,0	8,0	8	7,5	8	7
3.Recyclage des déchets organiques industriels pour la production d'énergie	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0	6	8	6	6,5
4.Compostage des déchets organiques	7,0	7,0	7,0	8,0	8,0	8,0	8	7,5	8	7,5
5.Recyclage des déchets industriels métalliques	7,0	7,5	8,0	7,0	7,0	7,5	7	6	6	5,5
6.Recyclage des eaux usées pour la fertilisation des sols	7,0	7,5	7,0	7,0	6,0	7,0	6,5	8,5	6	7,5
7.Incineration des déchets biomédicaux pour la production d'électricité	6,5	7,0	7,0	6,0	6,5	7,5	6,5	7,5	7	6
8.Recyclage des déchets plastiques	7,0	7,5	6,5	8,0	7,0	6,5	7	6,5	6	6
9.Épuration des eaux usées par lagunage	6,0	7,0	6,0	6,5	8,0	6,0	7,5	8	8	7
10.Récupération du méthane à la décharge	7,0	6,0	7,0	7,0	6,5	6,5	8	8,5	5	5

#### 4.4.3. Standardisation des options technologiques et classement des options technologiques selon l'analyse dite « Analyse Multicritère », (AMC)

Pour permettre la comparaison des différentes technologies évaluées aux moyens des unités de mesures et d'échelles de mesure différentes, il a été opté d'utiliser une échelle commune pour tous les groupes de travail et tous les critères. Cette opération s'appelle normalisation ou standardisation,

Les valeurs de l'échelle varient de 0 à 100. La note 100 a été attribuée à la technologie la plus préférée et 0 à la moins préférée, Les valeurs normalisées ou standardisées sont obtenues par l'application des formules suivantes :

$$a) Y_i = (X_i - X_{\min}) * 100 / (X_{\max} - X_{\min}) \text{ ou } b) Y_i = (X_{\max} - X_i) * 100 / (X_{\max} - X_{\min})$$

Où,  $Y_i$  est le score de l'option  $i$  (valeurs standardisées de la technologie) ;  $X_i$ ,  $X_{\min}$  et  $X_{\max}$  sont respectivement la performance de l'option  $i$ ,  $X_{\min}$  et  $X_{\max}$  sont les performances les moins élevées et les plus élevées parmi les options pour un même critère d'évaluation.

L'application de ces formules a permis d'obtenir des coefficients de standardisation pour chaque technologie et une matrice de standardisation,

a) est utilisée quand la valeur préférée est plus élevée et b) dans le cas contraire. Les résultats de cette opération sont présentés aux tableaux n° 18.

**Tableau n°18.** Résultats de la standardisation des options technologiques dans le Secteur des Déchets

	Critères d'évaluation										Score	Moyenne AMCI	Classement
	Développement durable						Caractéristiques technologiques						
	Développement				Protection de l'Environnement		Potentiel de réduction d'émission de GES	Maturité		Coût			
	économique		social					Sécurité	Fiabilité				
Produit intérieur Brut	Produit d'exportation	Lutte contre la Pauvreté	Création d'emploi	Assainissement & Lutte contre la Pollution	Lutte contre la dégradation des forêts								
1.Méthanisation	100	100	80	67	100	100	100	60	100	0	807	81	1 <sup>ère</sup>
2.Optimisation des capacités des briquettes de biomasse	75	25	100	100	80	80	100	60	75	50	745	74,5	2 <sup>e</sup>

3. Recyclage des déchets organiques industriels pour la production d'énergie	50	50	40	33	40	40	0	80	25	62,5	421	42	8 <sup>e</sup>
4. Compostage des déchets organiques	50	50	40	67	80	80	100	60	75	37,5	639,20	63,91	3 <sup>e</sup>
5. Recyclage des déchets métalliques	50	75	80	33	40	60	50	0	25	87,5	500,83	50,08	4 <sup>e</sup>
6. Recyclage des eaux usées pour la fertilisation des sols	50	75	40	33	0	40	25	100	25	37,5	426	43	7 <sup>e</sup>
7. Incinération des déchets biomédicaux pour la production d'électricité	25	50	40	0	20	60	25	60	50	75	405	40,5	10 <sup>e</sup>
8. Recyclage des déchets plastiques	50	75	20	67	40	20	50	20	25	75	442	44,20	6 <sup>e</sup>
9. Épuration des eaux usées par lagunage	0	50	0	17	80	0	75	80	75	50	426,66	42,66	9 <sup>e</sup>
10. Récupération du méthane à la décharge	50	0	40	33	20	20	100	100	0	100	463,33	46,33	5 <sup>e</sup>

#### 4.4.4. Pondération des critères et calcul des résultats,

##### 4.4.4.1. Pondération des critères d'évaluation

Le deuxième niveau de priorisation des technologies fait intervenir les poids de pondération. La pondération est une opération mathématique qui vise à attribuer plus ou moins du poids au critère d'une technologie selon son avantage ou désavantage afin de la rendre plus prioritaire par rapport aux autres technologies.

##### 4.4.4.2. Combinaison des scores et pondérations des critères

Le score d'une technologie  $i$  par rapport à un critère  $j$  est obtenu par la multiplication du coefficient de standardisation à la valeur de la pondération d'un critère  $j$ . Le score total de la technologie  $i$  est fourni par la formule suivante :

$S_{ij} = \sum_{j=1}^n W_j S_{ij}$  où  $S_{ij}$  est le score de la technologie  $i$  par rapport au critère  $j$  ;  $W_j$  est le poids de pondération du critère  $j$ ,

#### 4.5.Résultats de la priorisation des technologies dans le Secteur des Déchets

Les points de pondération sont injectés dans la matrice de standardisation des technologies introduit dans le logiciel TNAssess pour la priorisation et le classement final des technologies par la méthode d'analyse multicritère(AMC). Les tableaux n°18 et 19 montrent respectivement les résultats de la combinaison des valeurs de pondération des critères d'évaluation des technologies et les notes standardisées des technologies ainsi que le classement final des résultats de cette combinaison.

##### 4.5.1.Résultats de l'analyse multicritère dans le Secteur des Déchets

Le tableau n°19.Résultats de la pondération dans le Secteur des Déchets

n° d'ordre	Technologiques	Note pondérée
1.	Incinération des déchets biomédicaux	33,69
2.	Recyclage des déchets organiques industriels	34,60
3.	Recyclage des déchets plastiques	34,60
4.	Epuration des eaux usées par lagunage	44,76
5.	Recyclage des déchets métalliques	38,97
6.	Compostages des déchets organiques	67,96
7.	Recyclage des eaux usées pour l'irrigation et la fertilisation des sols	41,58
8.	Optimisation des capacités des briquettes de biomasse	77,40
9.	Méthanisation pour la production du biogaz	90,00
10.	Récupération du méthane à la décharge	42,82

Le tableau n°20. Le classement des technologies dans le Secteur des Déchets

n° d'ordre	Technologiques	Note pondérée
<b>1.</b>	<b>Méthanisation pour la production du biogaz</b>	<b>90,00</b>
<b>2.</b>	<b>Optimisation des capacités des briquettes de biomasse</b>	<b>77,40</b>
<b>3.</b>	<b>Compostages des déchets organiques</b>	<b>67,96</b>
4.	Epuration des eaux usées par lagunage	44,76
5.	Récupération du méthane à la décharge	42,82
6.	Recyclage des eaux usées pour l'irrigation et la fertilisation des sols	41,58
7.	Recyclage des déchets métalliques	38,97
8.	Recyclage des déchets organiques industriels	34,60
9.	Recyclage des déchets plastiques	34,60
10.	Incinération des déchets biomédicaux	33,69

Les technologies priorisées dans le secteur des Déchets sont par ordre décroissant :(i) la méthanisation pour la production du biogaz ; (i) l'optimisation des capacités des briquettes de biomasse et (iii) le compostage des déchets organiques.

##### 4.5.1.Examen des résultats d'évaluation des technologies

Les résultats obtenus (tableau 21) sont cohérents avec le contexte de décision et les priorités nationales, En effet, l'application des technologies priorisées permettra de contribuer à la valorisation des déchets organiques, la réduction de la consommation de bois énergie et à l'amélioration de l'accès aux services énergétiques modernes.

Elles constituent les meilleurs outils pour l'atténuation de l'insalubrité du milieu et des émissions de GES dans le secteur des Déchets. En effet, les principaux impacts de la mise en œuvre de ces dernières sont :

(i) l'atténuation du rythme de déforestation, dégradation des forêts et des sols et de prolifération des déchets ; (ii) la réduction de la consommation des produits pétroliers grâce à l'augmentation du taux d'accès à l'électricité (biogaz) ; (iii) l'atténuation des dépenses liées à l'achat des produits pétroliers, du bois énergie, des engrais minéraux, etc.

Par ailleurs, à travers la valorisation des déchets organiques, ces technologies contribueront à la réduction de la pollution et aux autres nuisances environnementales au développement socio-économique.

**Tableau n°21.** Tableau comparatif des résultats de la standardisation et de la pondération multicritère dans le Secteur des Déchets

<b>Ordre de classement des technologies</b>	<b>Points obtenus avant pondération (Note standardisée)</b>	<b>Points obtenus après pondération</b>
1, Méthanisation pour la production du biogaz	81	90
2, Optimisation des capacités des briquettes de biomasse	74,5	77,4
3, Compostage des déchets organiques	69,1	68

#### 4.5.2. Analyse de la sensibilité des résultats d'évaluation des technologies.

L'augmentation du poids attribué à l'atténuation se reflète par une augmentation des scores des trois premières technologies priorisées (tableau n°22). Les résultats des trois scénarii montrent que les technologies priorisées demeurent identiques. Ces résultats montrent en outre l'accroissement du poids de pondération des avantages économiques est défavorable pour la technologie est favorable à toutes les trois technologies priorisées.

En comparant les résultats issus respectivement des trois scénarii, on constate que les meilleurs résultats sont issus du scénario 1. Car, toutes les technologies ont obtenu des notes supérieures à 70%.

**Tableau n°22.** Synthèse des résultats des scénarii dans le Secteur de l'Energie dans le Secteur des Déchets

N°	Technologie	Note pondérée		
		Scenario 1	Scenario 2	Scenario 3
1	<b>Méthanisation pour la production du biogaz</b>	<b>90,4</b>	<b>90,0</b>	<b>88,7</b>
2	<b>Optimisation des capacités des briquettes de biomasse</b>	<b>78,3</b>	<b>77,4</b>	<b>76,7</b>
3	<b>Compostage des déchets organiques</b>	<b>70,5</b>	<b>68,0</b>	<b>66,1</b>
4	Epuration des eaux usée par lagunage	52,3	44,8	45,7
5	Récupération du gaz méthane à la décharge	51,8	42,8	44,5
6	Recyclage des eaux usées pour l'irrigation et la fertilisation des sols	41,3	41,6	41,1
7	Incinération des déchets métalliques	37,8	39,0	40,3

<b>8</b>	Incinération des déchets biomédicaux	32,7	34,6	37,9
<b>9</b>	Recyclage des déchets organiques industriels pour la production d'énergie	29,7	34,6	37,9
<b>10</b>	Recyclage des déchets plastiques	29,7	33,7	34,5

## CONCLUSION

Le Présent rapport est le résultat d'une revue documentaire complétée par des contributions des parties prenantes aussi bien du secteur privé que du secteur public intervenues soit au cours des ateliers, des travaux en commissions et des interviews organisées à cet effet. Guidé par des documents nationaux dont les communications nationales sur le changement climatique, le choix des secteurs identifiés prioritaires dans ce rapport a tenu compte de leurs contributions respectives au développement socio-économique et aux émissions nationales de GES ainsi qu'à leurs potentialités de réduction d'émission de GES.

Les technologies ont été choisies sur base de leur importance en matière de développement socio-économique notamment à travers l'amélioration de l'accès aux services d'énergie, d'hygiène et de santé. Le choix des technologies a également tenu compte de leur importance en matière de préservation de l'environnement et de l'atténuation des effets du changement climatique particulièrement en ce qui concerne les engagements du Burundi dans le cadre de la mise en œuvre de la CPDN.

S'agissant de la priorisation des technologies, sur base des critères répondant aux objectifs de développement durable, de la faisabilité de la technologie et du contexte de décision, une méthodologie d'analyse multicritère appuyée par un logiciel TNAssess a été utilisée. Le choix de ces critères avait pour objectif de prioriser les technologies susceptibles de mieux répondre à la fois aux objectifs du millénaire pour le développement et de l'atténuation des émissions de GES.

Comme pour le choix des secteurs et des technologies, la priorisation a été effectuée par le consultant, le groupe sectoriel et d'autres parties prenantes sous la coordination du Coordonnateur National du projet EBT et la supervision du Président du Comité technique du Projet. Cette priorisation guide le choix des projets susceptibles de contribuer à l'atténuation des émissions de GES et de répondre aux impératifs de développement socio-économique.

Pour le secteur de l'Energie, les technologies priorisées et retenues sont par ordre d'importance décroissante (i) la standardisation et l'optimisation des foyers à bois et à charbon de bois ; (ii) la multiplication et l'optimisation des microcentrales hydroélectriques ; et (iii) le captage et la valorisation des systèmes solaires photovoltaïques.

Pour le secteur déchets, il s'agit : (i) de la méthanisation ; (ii) de l'optimisation des capacités des briquettes de biomasse ; (iii) et du compostage, Toutes ces technologies sont susceptibles de répondre à la fois aux besoins de développement durable et de l'atténuation des émissions de gaz à effet de serre.

Dans l'ensemble l'application des technologies classées prioritaires pour l'atténuation des émissions de gaz à effet de serre permettra de faire face aux problèmes énergétiques constatés au Burundi et contribuera à l'amélioration du cadre de vie de la population notamment à travers l'augmentation des revenus des ménages et la réduction des émissions de gaz à effet de serre.

L'application des foyers améliorés standardisés à capacités optimisées et le captage et la valorisation des systèmes solaires photovoltaïques contribuera d'une part à la résorption du déficit énergétique et la réduction des émissions de gaz à effet de serre d'autre part.

Quand à la multiplication et l'optimisation des microcentrales hydroélectriques, l'objectif premier est l'accroissement de la production énergétique pour améliorer la croissance économique.

L'application des technologies priorisées dans le secteur des déchets contribuera aussi à la résorption du déficit énergétique par la valorisation des déchets existant au niveau national, à l'assainissement et à la réduction des émissions de gaz à effet de serre et particulièrement le méthane et l'hémioxyde d'azote, gaz à pouvoir de réchauffement supérieur à celui du CO<sub>2</sub> et dont les effets sont difficiles à atténuer.

Toutefois l'application de la méthanisation et le compostage intervient aussi bien dans le Secteur de l'Energie que dans le Secteur de l'Agriculture où elle contribuera à l'accroissement de la production agricole par utilisation des fertilisants produits par ces technologies dont le compost et le digestat.

Comme elles sont identifiées et priorisées conformément aux politiques de développement durable et du changement climatique par les différentes parties prenantes provenant des secteurs divers, il en serait de même pour la mise en œuvre des technologies retenues. C'est pour quoi, les parties prenantes y compris le Gouvernement devraient s'en approprier. Pour cela, ils doivent rester dans le processus jusqu'au stade de la mise en œuvre. En d'autres termes, il faut que ces parties prenantes comprennent qu'ils ont intérêt à capitaliser les acquis du projet.

Cependant le renforcement des capacités s'avère une condition sine qua none pour le développement, la mise en œuvre et le suivi des projets sur base de ces technologies. En effet, suite au changement éventuel des politiques, il est probable que certaines technologies ne s'appliquent pas surtout celles qui coûtent très chers ou qui ne sont pas familières à la population. Par ailleurs, au cas où certaines technologies (méthanisation) seraient mal appliquées, elles poseront plus de problèmes qu'elles n'en résoudreaient.

Aussi pour une meilleure réussite d'atténuation des émissions, il faudra envisager et mettre en œuvre des mesures d'accompagnement en tenant compte des technologies qui n'ont été retenues faute de scores alors qu'elles ont un potentiel d'atténuation très élevé. C'est notamment le cas de la carbonisation.

Il en est de même pour les technologies dont les contributions au développement économique sont importantes mais qui n'ont pas été retenues à cause de leurs faibles potentiels de réduction d'émission. Il s'agit notamment du recyclage des déchets métalliques, du séchage solaire, etc.

Ceci pour dire finalement que le système d'analyse et de classification utilisé basé sur le logiciel TNAssess est trop rigoureux, En effet, le fait de fixer à 3 le nombre de technologies à retenir pour chaque secteur limite les opportunités offertes pour l'atténuation des émissions.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. Barbier C, SILVA ET Réseaux d' Arbres Tropicaux, Désertification et forêts, (2004),
2. BITORIROBE JC et al, Ministère de l'énergie et des Mines, Gestion rationnelle du bois énergie, rapport final, (1997) ;
3. Burundi, Assemblée Nationale, Commission Bonne Gouvernance et Privatisation, (2012), Rapport d'information sur la problématique de l'énergie et de l'eau au Burundi, 63p, ;
4. Burundi, Cadre Stratégique de Croissance et de Lutte contre la pauvreté, (2012), 216p ;
5. Burundi, Communication nationale initiale sur les changements, (2001), 145p;
6. Burundi, Contribution Prévue Déterminée à l'échelle Nationale, 14p ;
7. Burundi, Seconde Communication Nationale sur les Changements Climatiques, (2010), 153p;
8. Burundi, Vision Burundi 2025, (2011), 104p ; LEPELEIRE G, KRISHNA K, Nairobi (1984), Guide technique des fourneaux à bois ; 375P
9. MEEATU, identification des besoins en technologies pour la réduction des émissions des émissions de gaz à effet de serre au Burundi, MATET (novembre, 2002), 31p ;
10. MEEATU, Politique forestière nationale, (mars 2012), 55p ;
11. MEEATU, Politique nationale d'Assainissement, (mars 2013), 67p ;
12. MEEATU, Politique sur nationale sur le Changement climatique, (Nov 2014), 63p
13. MEM, Direction Générale de l'eau et de l'énergie, (2008), Rapport du second inventaire national des gaz a effet de serre du module « énergie », 84p ;
14. MEM, élaboration de la Stratégie sectorielle pour le secteur de l'énergie, (2011), 33p ;
15. MEM, Etude diagnostique du secteur de l'Energie au Burundi dans le cadre de l'Initiative du Secrétaire Général des Nations Unies sur l'Energie durable pour tous, juin 2013, 55p ;
16. MEM, lettre de politique énergétique nationale, (2006) ,35p ;
17. MEM, Politique minière du Burundi, (2013), 39p ;
18. MEM, Politique nationale de diffusion des énergies renouvelables ;
19. MEM, Swera, Opportunités dans le secteur des énergies renouvelables au Burundi, (octobre 2012) ,52p ;
20. MINAGRI, PNIA, (2012), 55p
21. Ministère de l'Aménagement du Territoire et du Tourisme, Direction Générale de l'Aménagement du Territoire, Analyse d'atténuation des émissions de gaz à effet de serre, (2001), 132p ;
22. Ministère des finances et de la planification du développement, rapport des projections démographiques, (2013), 174p ;
23. NYENGAYENGE D, MEEATU, (2009), Rapport synthèse des études d'atténuation des émissions anthropiques de gaz à effet de serre, 152p,
24. PNUD, 1UN Plaza, New York, NewYork10017, USA, (2010), Guide pour l'évaluation des besoins technologiques pour le changement climatique, 172p,

## **ANNEXES**

## INTRODUCTION GENERALE

Le rapport d'évaluation des besoins en technologies d'atténuation des émissions de gaz à effet de serre comprend deux parties : la partie principale et 4 annexes. L'annexe1 comprend les fiches d'identification et de description des technologies susceptibles d'atténuation des émissions de gaz à effet de serre et l'annexe2 est une copie de l'ordonnance ministérielle portant nomination du comité de pilotage. Les annexes 3 et 4 donnent respectivement une liste des parties prenantes et des participants aux ateliers et réunions EBT.

Sur une vingtaine de technologies recensées, 18 sont décrites dans ce document. Pour le secteur de l'énergie, il s'agit de:

1. Standardisation et optimisation ;
2. Méthanisation pour la production du biogaz ;
3. Standardisation, optimisation, adaptation et diffusion des lampes à basse consommation ;
4. Captage et valorisation électrique de l'énergie solaire photovoltaïque ;
5. Séchage solaire ;
6. Aérogénération et valorisation électrique de l'énergie éolienne ;
7. Multiplication et optimisation des microcentrales hydroélectriques ;
8. Uniformisation et optimisation des systèmes de carbonisation.

Pour le Secteur des Déchets, il s'agit de :

1. Méthanisation ;
2. Compostage des déchets organiques ;
3. Optimisation des capacités de production des briquettes de biomasse ;
4. Incinération des déchets biomédicaux pour la production d'électricité ;
5. Recyclage des déchets plastiques ;
6. Recyclage des déchets divers ;
7. Récupération du méthane produit à partir de la décharge contrôlée ;
8. Valorisation des eaux usées à des fins agricoles ;
9. Recyclage des déchets industriels métalliques ;
10. Epuration des eaux usées par lagunage.

Cependant, six technologies seulement sont priorisées retenues. Pour le Secteur de l'Energie, il s'agit de :

1. la standardisation et l'optimisation des foyers à bois et à charbon de bois ;
2. la multiplication et l'optimisation des microcentrales hydroélectriques ;
3. le captage et la valorisation des systèmes solaires photovoltaïques.

Pour le Secteur des Déchets, les technologies retenues sont :

1. la méthanisation pour la production du biogaz ;
2. l'optimisation des capacités des briquettes de biomasse ;
3. le compostage des déchets organiques.

## **Annexe1. Fiches technologiques**

### **A. Secteur énergie**

#### **Fiche n°1« Standardisation et optimisation des foyers améliorés »**

##### **1.Introduction**

La majorité des ménages au Burundi utilisent le bois et le charbon de bois pour la cuisson, le pétrole, le bois et les bougies pour l'éclairage.

Près de 97% de l'énergie consommée au Burundi proviennent du bois énergie (BESSE.F, GUIZOL.F, 1991). Le bois énergie est principalement utilisé pour la cuisson des aliments, le chauffage des maisons et le séchage des feuilles du thé.

En milieu rural, le bois appelé communément « bois de feu » est en grande partie consommé sous forme de bois rond ou fendu en 2, 3 ou plusieurs tranches et empilés en fagots contrairement au milieu urbain où il est utilisé sous forme de charbon de bois.

Le choix de forme et la taille du bois énergie utilisée dépend de la taille et du type de foyer utilisé ainsi que des conditions d'hygiène à sauvegarder. Cette distinction de taille et de forme de bois dénote une distinction entre les foyers utilisés. Il s'agit en fait des foyers à bois pour le milieu rural et les foyers à charbon de bois pour le milieu urbain.

Le charbon de bois est donc essentiellement consommé en milieu urbain où il est le combustible le plus apprécié par rapport au gaz, à l'électricité et au bois de feu. La consommation du charbon de bois constitue l'une des principales causes de la déforestation et partant de la dégradation de l'environnement. Le bois de feu qui représente environ 86% de la consommation annuelle de bois est utilisé par plus de 92% de la population (BESSE.F, GUIZOL.F, 1991).

Dans l'ensemble, la consommation excessive de bois a des effets néfastes sur l'environnement de par la dégradation forestière qu'elle engendre et sa contribution à l'augmentation des émissions des GES ; la consommation du charbon de bois étant l'une des principales causes de la déforestation et de la dégradation forestière et partant la dégradation de l'environnement. En effet, avec un taux de croissance de la population sans cesse croissante associé aux foyers traditionnels réputés gaspilleurs d'énergie alors que les ressources forestières n'augmentent pas dans les mêmes proportions, il est évident qu'à un certain moment l'équilibre offre- demande sera rompu, s'il ne l'est pas déjà.

Par ailleurs, la collecte du bois constitue un lourd fardeau aux femmes et jeunes filles du milieu rural qui s'exposent plus aux fumées nocives issues de ces foyers pendant qu'elles font la cuisine pour les ménages respectifs. Ces formes d'énergie sont d'une part très chères et posent des problèmes à l'environnement d'autre part et à la longue causent des maladies à l'homme.

La proposition de cette technologie est motivée par le souci de résorber le déficit énergétique par l'amélioration de l'efficacité énergétique afin d'améliorer la situation socio-économiques des populations et contribuer à la réduction des émissions de GES à travers l'amélioration des performances des équipements énergétiques et la sensibilisation aux problèmes socio-économiques et environnementaux liées à l'usage des équipements peu performants en matière d'économie d'énergie. Par ailleurs, la promotion de l'utilisation des foyers améliorés est l'une des options proposées par le Burundi dans le cadre de la Contribution prévue déterminée lors de la conférence sur le climat tenu à Paris en novembre 2015.

## **2.Définition et description des procédures et techniques de la technologie.**

L'option technologique proposée consistera à concevoir des technologies, des méthodes et systèmes pour l'encadrement de la fabrication, la vulgarisation et la diffusion des fourneaux à peu de frais, durables, économiseur d'énergie et moins polluant.

## **3.Etat des lieux sur les foyers améliorés**

Beaucoup de foyers à charbon de bois améliorés de différents modèles sont produits en nombre important et se rencontrent sur certains marchés de certaines villes du pays. Leur performance est déjà constatée par certains ménages urbains. Sur le marché de Bujumbura, ces foyers peuvent regrouper en deux catégories.

La première catégorie regroupe les foyers dont le matériau constitutif principal est l'argile. La seconde catégorie regroupe les foyers dont le principal matériau constitutif est le métal. Les foyers de la deuxième catégorie sont généralement utilisés dans les bars et restaurants et ceux de la première dans les ménages.

Malheureusement, au marché ils coexistent avec les anciens foyers gaspilleurs d'énergie qui sont aussi achetés par un bon nombre de ménages non informés sur les différences de rendement entre les deux modèles de foyers ou qui sous-estiment ces différences.

Des foyers à bois améliorés existent aussi malgré que bon nombre de ménages utilisent encore les foyers traditionnels. Certains modèles de foyers améliorés sont déjà expérimentés notamment dans des camps de déplacés, mais leur utilisation n'est pas encore généralisée.

Pour limiter la pression sur la source bois et réduire les dépenses des ménages, il faudrait vulgariser les nouveaux foyers à charbon de bois et les foyers à bois améliorés. Mais parallèlement, il faut interdire le commerce des foyers gaspilleurs de bois et d'énergie.

Les photos n° 9 et 10 représentent certains modèles de foyers rencontrés respectivement sur le marché de Bujumbura à Kinama, à Buyenzi et au marché communément appelé chez SIONI.





Figure 9 a et b. Foyers améliorés







Figure 10 b, c. d& e. Foyers améliorés

#### **4.Impacts socio-économiques dus au développement et à la mise en œuvre de la technologie**

- La réduction des dépenses familiales inhérentes à la recherche et/ ou l'achat du bois de feu ;
- L'économie du bois : sauvegarde de 61% du volume sur pied pour le cas des foyers à bois et 11% pour le cas des foyers à charbon de bois (DGAT, 2001);
- Réduction de la pollution et des émissions de GES ;
- Libération de la femme des travaux ménagers pour d'autres opportunités d'emploi.

#### **5.Potentiel de réduction des émissions de gaz à effet de serre présenté par la technologie**

D'après une étude menée dans ce secteur, le rendement énergétique des foyers améliorés « Ziganyamakara » est de l'ordre de 34% alors que pour le foyer traditionnel, il est de l'ordre de 15%. L'utilisation des foyers améliorés à charbon de bois réduit la consommation de 35 % et par conséquent permet de réaliser une économie de charbon de bois de 35 % (BITORIROBE J. Claude et NDAYISHIMIYE J. Pierre, 1991)

Les foyers à bois améliorés permettent de réaliser une économie de 50% de bois de feu par rapport au foyer traditionnel à trois pierres (DELEPLEIRE, K. KRISHNA, 1991) « Le type de foyer traditionnel est le foyer simple formé de trois pierres sans cheminée.

L'application de ces deux foyers à 100% permettrait d'économiser 72% du volume du bois sur pied et éviter une émission de 2,508 tonnes de CO<sub>2</sub> par mètres cube de bois sur pied si on applique le coefficient de conversion estimé à 1,90 tonnes de matière sèche par mètre mètres cube (GIEC, 1996).

## **6.Coût à affecter à cette technologie**

Le coût de la mise en œuvre de cette option est composé de frais de conception, d'achat du matériel, de fabrication des matériels, de sensibilisation et d'encadrement de la population, des frais de formation et d'encadrement des artisans, des frais d'acquisition de la matière première, etc.

Le prix d'achat d'un foyer à bois amélioré pour la réduction de la consommation du bois de feu est fonction des matériaux de base pour la construction de ces foyers et du nombre d'utilisateurs. Or, comme les matériaux sont locaux (argile, sable...) nous pensons qu'ils sont moins coûteux.

La fabrication dure au moins 8 jours et l'on estime que le traitement journalier est fixé au moins à 3 000 FBu. Si tous les ménages ruraux comptant 6 personnes chacun acceptent l'utilisation d'au moins un foyer ; le coût est estimé à 8 038 618 habitants (population totale) moins 600 000 habitants (population urbaine) divisé par 6 et multiplié par 3000 FBu. Ça donne trois milliards sept cent dix neuf millions trois cent neuf mille francs BU ( 3 719 309 000FBU)(DGAT, 2001) soit près d'un million neuf cent dollars américains.

Concernant le foyer à charbon de bois, l'enquête menée en Mairie de Bujumbura par l'équipe sectoriel énergie dans le cadre du présent travail indique le coût d'un foyer amélioré à base du métal coûte entre 50 et 70 000Francs Bu (BCS) soit 25 à 35 dollars américains.

## **Fiche n°2.Multiplication et optimisation des microcentrales hydroélectriques**

### **1.Introduction**

Les sources d'énergies actuellement utilisées au Burundi sont par ordre d'importance décroissante : le bois et le charbon de bois (96.9%), les produits pétroliers (2.5%), l'électricité d'origine hydraulique et thermique (0.5%), la tourbe (0.04%) ainsi que l'énergie solaire et le biogaz dont les contributions sont négligeables (NYENGAYENGE, 2009).

Comme les chiffres ci-dessus l'indiquent, le bois occupe une place prépondérante dans le secteur énergie. Mais son exploitation irrationnelle et excessive constitue déjà une menace à l'équilibre écologique ; sa combustion représente une catégorie source clé d'émission de CO<sub>2</sub> dans le sous secteur résidentiel (NYENGAYENGE D, 2009).

Quant aux produits pétroliers, ils occupent la deuxième position en matière de contribution au bilan énergétique après le bois. Alors que la collecte du bois constitue un lourd fardeau aux femmes et jeunes filles du milieu rural, les produits pétroliers pèsent lourdement sur la balance commerciale.

Les autres sources ont de faibles impacts aussi bien dans le secteur socio-économique qu'à l'environnement. La construction et l'exploitation de nouvelles centrales hydroélectriques est l'une des actions de la mise en œuvre de la politique du Gouvernement en matière d'énergie.

En effet dans le cadre de l'amélioration du taux d'accès et de la qualité des infrastructures économiques (énergie, transports, TIC). La priorité des priorités du Gouvernement est l'augmentation de la production d'électricité et la promotion d'énergies renouvelables (CSLPII, 2012).

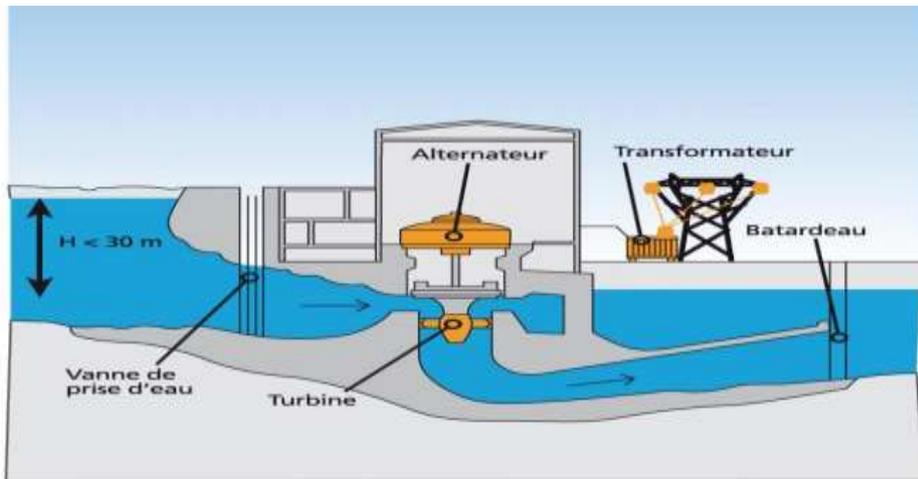
La première motivation du choix de cette technologie est le souci de mettre en application les engagements du Burundi en ce qui concerne les Contributions Prévues Déterminées à l'échelle Nationale en matière d'atténuation des effets du Changement Climatique. Il s'agit notamment de la construction de 3 centrales hydroélectriques.

La deuxième motivation est le souci de résorber le déficit énergétique afin d'améliorer le cadre de vie des populations et accroître la production énergétique afin de promouvoir le développement durable à travers l'appui énergétique aux secteurs porteurs de croissance et contribuer à la réduction

des émissions de GES notamment par le remplacement du bois et des produits pétroliers d'autre part. La technologie proposée consiste à multiplier les microcentrales hydroélectriques à meilleurs rendements

## 2. Définition et fonctionnement d'une centrale hydroélectrique

Une centrale hydroélectrique est une installation hydroélectrique qui transforme l'énergie hydraulique en énergie électrique. Elle comprend deux principales unités à savoir un lac de retenue d'eau



et ses accessoires ainsi qu'une centrale hydraulique (la turbine, l'alternateur, le transformateur, etc). Les figures ci-dessous montrent la structure et le fonctionnement d'une centrale hydroélectrique de type Francis pour les chutes moyennes (10-100 m).

Figure 11a. Coupe schématique d'une microcentrale hydroélectrique

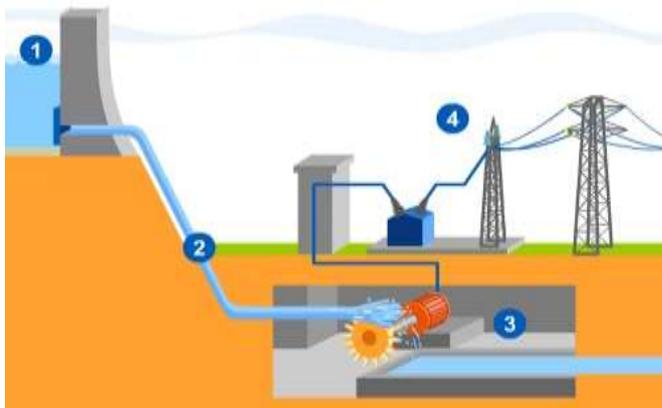


Figure 11b. Schéma illustrant le fonctionnement d'une microcentrale hydroélectrique

D'une manière générale, les structures d'exploitation d'eau comprennent des dispositifs de captage, de stockage et de distribution. Pour cela, il existe des ouvrages d'art pour le barrage et le stockage de l'eau ainsi que de la tuyauterie pour le transport et la distribution d'eau. Dans le cadre de la production d'électricité les dispositifs de captage et de distribution d'eau sont les canaux de dérivation et d'évacuation d'eau. Quant au stockage, il est assuré par le barrage et éventuellement par un réservoir.

## 1.Lac de retenue et canaux de dérivation et d'évacuation d'eau

### 1.1.Lac de retenue

La formation d'un lac de retenue d'eau a pour but de renforcer le volume et la force physique de l'eau afin que cette dernière puisse faire tourner les hélices de la turbine. Pour cela, des barrages sont érigés perpendiculairement à la direction d'écoulement des eaux du cours d'eau. Ainsi, on crée, un lac artificiel appelé lac de retenue d'eau.

### 1.2.Canaux de dérivation et d'évacuation d'eau

#### 1.2.1.Canal de dérivation

En aval du lac de retenue, on installe une conduite d'eau métallique pour conduire l'eau dans la centrale hydraulique.

#### 1.2.2.Canal d'évacuation

Comme pour le captage de l'eau, l'installation d'une centrale hydroélectrique requiert l'aménagement des dispositifs d'évacuation du trop plein dû essentiellement aux crues des rivières et ceux de la restitution de l'eau sortie des turbines à l'émissaire principal. C'est la raison d'être d'une installation des canaux d'évacuation d'eau.

## 2.La production d'électricité

Le transport de l'eau dans une conduite forcée sur un intérêt incliné permet de transformer son énergie potentielle en énergie cinétique. Arrivée dans la turbine, cette eau bute sur les hélices de cette dernière et la fait tourner. En tournant, la turbine transforme l'énergie cinétique de l'eau en énergie mécanique.

## 3.Le générateur

Grace à l'action de l'eau, la turbine fait tourner l'axe sur lequel est fixé le rotor de l'alternateur. Alors l'interaction entre le rotor et le stator de l'alternateur crée du courant électrique.



## 4.Puissance d'une centrale hydraulique

La puissance d'une centrale hydraulique est donnée par la formule suivante :

$$P = Q \cdot \rho \cdot H \cdot g \cdot r \text{ où}$$

$P$ = puissance en kW ;  $Q$ = débit en mètres cube par seconde ;  $\rho$ = masse volumique de l'eau (1000kg/m<sup>3</sup>) ;  $H$ = hauteur de la chute d'eau en mètres ;  $g$ = constante de gravité, soit près de 9,8(m/s<sup>2</sup>) et  $r$ = rendement de la centrale (compris entre 0,6 et 0,9)

### **5.L'adaptation à la tension**

L'alternateur produit généralement du courant à faible tension. Pour l'électricité produite puisse être transportée par les lignes à haute tension, il faut élever la tension. C'est la raison d'être d'un appareil releveur de tension appelé « transformateur ».

### **3.Etat des lieux sur l'hydroélectricité au Burundi**

Le potentiel hydroélectrique estimé à 1700MW. Malgré ce potentiel, le Burundi fait recourt aux importations en provenance des centrales hydroélectriques de la Rusizi I et la Rusizi II gérées respectivement par la SNEL et la SINELAC pour couvrir ses besoins en électricité.

En effet sur une production potentielle estimée à 1700MW, seuls 300MW sont économiquement exploitables. Mais seuls 32,030MW sont utilisés actuellement (DGEE, 2008). Cette puissance est développée par 12 centrales, ce qui fait qu'en moyenne, une centrale est susceptible de développer 3MW. Selon la même source, la majeure partie de l'électricité est fournie à partir de deux centrales hydroélectriques nationales: Rwegura (18MW) et Mugere (8MW).

Par rapport aux normes indiquées par l'adresse <http://www.renewablesfirst/hydropower/hydropower-learning>, les centrales hydroélectriques du Burundi se situeraient dans la catégorie des petites centrales (1MW-10MW). En d'autres termes, au Burundi, une centrale hydroélectrique ne peut desservir que 1000 à 10000 ménages en besoins d'électricité.

Cependant, certains de nouveaux sites disposent des capacités supérieures à celles des petites centrales, c'est notamment le cas des centrales de Kaburantwa, Manga, Jiji et Mulembwe dont les puissances potentielles sont respectivement estimées à 20 ; 12 ; 32,5 et 17.1 MW (MEM, 2013). Ainsi la puissance totale estimée s'élèverait à 113,630, ce qui ramènerait la puissance moyenne par centrale à 19MW

Dans ce cas, le Burundi serait dans la catégorie des Pays ayant des puissances des centrales hydroélectriques à capacités moyennes. Les puissances de ces dernières sont comprises entre 10MW-100MW. Cette situation permettrait de desservir 10000- 100000 ménages.

Concernant le niveau de consommation, la moyenne actuelle d'électricité est estimée à 20 KWh par habitant et par an ; ce qui dénote un faible niveau de desserte en énergie électrique ; le taux d'électrification est d'environ 2 % (RGPH, 2008). Ce faible accès à l'électricité a pour conséquence le recours à d'autres sources d'énergie pourtant actuellement plus chères que l'électricité. Il s'agit notamment du pétrole, de la bougie, etc.

Outre la nuisance, ces autres sources d'énergie utilisées à défaut d'électricité sont des générateurs d'émissions de GES, ont des impacts négatifs sur la balance commerce alors qu'elles n'offrent qu'un marché étroit et instable du travail. Cependant avec la découverte de 156 nouveaux sites potentiels hydroélectrique (MEM, 2013), le potentiel hydroélectrique national pourrait être supérieur à 1700 MW.

### **4.Impacts socio-économiques liées à la construction et à l'exploitation de ces nouvelles centrales hydroélectriques ;**

#### **a.Les principaux impacts positifs sont :**

- l'amélioration du cadre de vie de la population notamment par la réduction de la pollution et la réduction du chômage par la création de nouveaux emplois ;
- la promotion du développement des activités économiques, artisanales et industrielles ;

- l'amélioration de l'équilibre de la balance commerciale notamment par la réduction des importations des sources d'énergie dont les produits pétroliers (carburant, pétrole, bougies, etc) et partant les émissions y relatives ;
- La réduction de la consommation du bois énergie et partant la réduction des émissions y relatives.

#### **b. Les principaux impacts négatifs sont :**

- Le déplacement des populations afin de dégager l'espace pour installer les infrastructures ;
- la destruction des écosystèmes forestiers et perte de la biodiversité ;
- la perte des terres agricoles au profit des lacs de retenue ;
- les risques d'inondation.

#### **5. Potentiel de réduction des émissions de gaz à effet de serre**

L'accroissement du taux d'accès à l'électricité entraîne la réduction du taux d'accroissement des émissions. Ceci concerne notamment les émissions liées à la consommation des produits pétroliers pour l'éclairage des ménages et autres besoins ménagers. Il s'agit notamment du pétrole lampant, mazout, essence.

#### **6. Coût à affecter à cette technologie**

Le coût de la technologie peut être décomposé en coût d'investissement, d'exploitation, de maintenance, etc.

A titre indicatif, le coût d'installation d'une centrale hydroélectrique moyenne d'une capacité égale à 11.5 MW est estimé à 34 millions de dollars américains (DGEE, 2008). Ce coût peut varier de 2500 à 3000 dollars américains par watt installé et un Mégawatt heure coûte 60 dollars américains (REGIDESO, 2012).

### **Fiche n°3. Captage et valorisation de l'énergie solaire**

#### **1. Introduction**

Dans le but d'accroître la production énergétique, le Burundi vise la multiplication des microcentrales hydrauliques et la promotion des énergies renouvelables en privilégiant l'énergie solaire. Cette dernière est déjà bien expérimentée et est indiquée pour des régions difficilement accessibles au réseau central. Cette proposition est motivée par le souci de faire face à l'insuffisance et l'irrégularité de l'énergie hydroélectrique qui bloquent beaucoup d'activités.

L'énergie solaire à l'instar de l'énergie hydroélectrique permettra à la population de travailler la nuit comme le jour, de réduire notamment la pollution liée à l'utilisation des sources d'énergies polluantes comme le pétrole, le bois, la bougie, etc.

#### **2. Définition et description des procédures et techniques de la technologie**

Le terme « photovoltaïque » est composé du mot grec ancien « photos » = lumière, et du nom du physicien italien, Alessandro Volta, inventeur de la pile électrique, qui donna aussi son nom à l'unité de mesure de la tension électrique, le volt. L'énergie solaire photovoltaïque est l'électricité produite par la conversion directe de l'énergie lumineuse du soleil en électricité grâce à une cellule photovoltaïque.

Les modules photovoltaïques n'utilisent que le rayonnement solaire (énergie lumineuse) pour produire l'électricité, sa chaleur n'étant pas un intermédiaire dans la production d'électricité photovoltaïque.

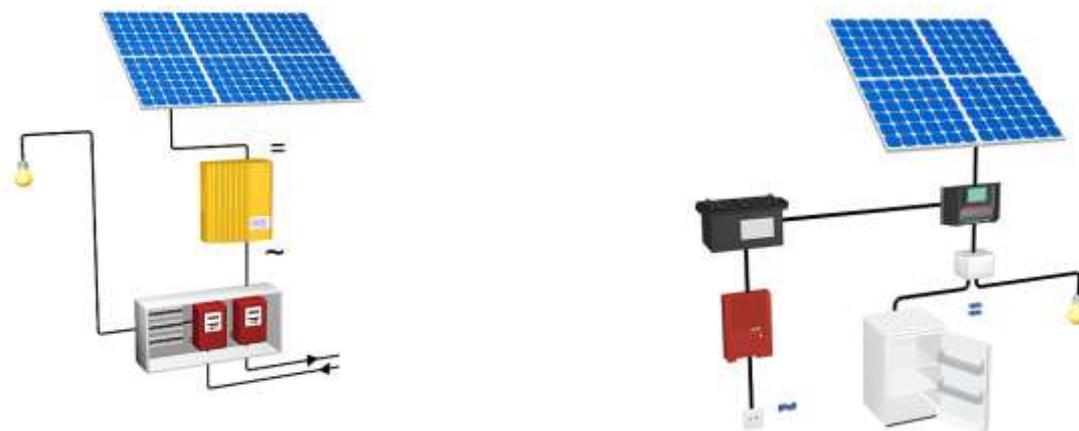
Le rayonnement peut cependant être transformé en chaleur par d'autres technologies, comme les centrales solaires thermodynamiques, ou les capteurs solaires noirs installés sur les toits des maisons.

Le principe de fonctionnement d'un panneau photovoltaïque est semblable à celui d'une pile : une différence de potentiel est créée entre le pôle positif et le pôle négatif, ce qui permet aux électrons de circuler et de produire un courant électrique continu. Les électrons du silicium, matériau semi-conducteur qui compose les cellules photovoltaïques, ont la propriété de se mettre en mouvement sous l'effet du rayonnement solaire.

Cette agitation en tous sens ne suffit pas à produire de l'électricité : pour cela, il faut produire une tension, grâce à une différence de potentiel entre un pôle positif et un pôle négatif, afin de faire circuler les électrons dans un sens bien précis. La différence de potentiel, nécessaire à la circulation du courant, est créée par le dopage du silicium : le dopage consiste à ajouter au silicium d'autres atomes, qui comportent plus ou moins d'électrons que le silicium, de façon à ce que le matériau présente un excès d'électrons (dopage de type N comme négatif) ou au contraire un déficit d'électrons (dopage de type P comme positif).

La couche de la cellule exposée à la lumière est dopée avec des atomes de phosphore, qui comptent un électron de plus que le silicium. Cette couche, qui contient un excédent d'électrons (charges négatives), va constituer la borne négative. L'autre couche est dopée avec des atomes de bore (un électron de moins que le silicium), elle présente un déficit d'électrons, et constitue la borne positive. Les cellules sont couvertes de conducteurs. Dès que la lumière du soleil atteint la couche dopée N, les électrons se mettent en mouvement, et le courant électrique est créé et collecté par les conducteurs.

En règle générale, une installation photovoltaïque est composée d'une structure porteuse ou de fixation, de panneaux photovoltaïques, d'un onduleur, de composants de distribution et l'utilisateur.



**Figure.12.** Structure d'une Installation photovoltaïque a&b

Un système solaire PV est composé de cinq éléments principaux :

N°	Composants	Fonctions
1	L'utilisateur	Il paie, utilise et entretient les systèmes. Il fait du système.
2	Le panneau photovoltaïque	Composé de modules photovoltaïques raccordés les uns aux autres et fixés sur une structure support, il produit la quantité requise d'électricité. Un panneau (ou module) photovoltaïque est fabriqué à partir de <b>matériaux semi-conducteurs</b> , qui par définition sont capables de « transporter » l'électricité. Aujourd'hui, la grande majorité des modules fabriqués dans le monde utilisent la technologie du <b>silicium cristallin</b> , le silicium étant, après l'oxygène, l'élément le plus abondant sur Terre. Un panneau (ou module) photovoltaïque se compose de plusieurs cellules photovoltaïques obtenues à partir du silicium brut, assemblées entre elles et placées entre deux plaques de verre trempé (ou entre une plaque de verre trempé et une feuille de tedlar). Le boîtier de jonction et les câbles permettent ensuite de relier les panneaux entre eux, ce qui forme un système photovoltaïque
3	Le régulateur	Il protège la batterie, contre les surcharges et décharges profondes pouvant l'endommager.
4	La batterie	Elle stocke l'énergie électrique.
5	Les récepteurs	Ce sont les appareils qui utilisent l'électricité, lampes, radios, télévisions.
	Câbles	Ils assurent les raccordements des composants (incluant, la mise à la terre et les accessoires de fixations).
	Convertisseur	Il adapte la tension courant continu, délivrée par la batterie à la tension d'alimentation du récepteur si elle est plus haute ou plus basse.
	Onduleur	Il transforme le courant continu en courant alternatif.

### 3. Etat des lieux au Burundi

L'énergie solaire est disponible et bien répartie sur le territoire national. Le Burundi possède un gisement solaire excellent est très intéressant. La moyenne de l'insolation est à 4-5 kWh / m<sup>2</sup>/jour avec et l'ensoleillement moyen reçu annuellement est proche de 2 000 kWh/m<sup>2</sup>.an soit l'équivalent des meilleures régions européennes (sud méditerranée). Des installations solaires ont vu le jour au Burundi vers les années 80 grâce à la coopération bilatérale (Belgique, Chine), d'abord sous forme de projets pilotes.

Le Ministère de l'Energie et des Mines (MEM) à travers la Direction Générale de l'Energie (DGE) a repris les travaux d'installations par systèmes solaires photovoltaïques dans les centres de santé et collèges communaux depuis 2006 sur le Budget du gouvernement du Burundi et sur financement des partenaires. Depuis lors, le MEM à travers la DGE a poursuivi les travaux d'électrification rurale par systèmes solaire photovoltaïques (Tableaux n°23 et 24).

**Tableau n° 23.** Les installations par Système solaire PV réalisées depuis 2006 par la DGE

Bénéficiaires	Collèges communaux/ Lycée	Centre de Santé	Hôpital	Orphelinat	Eclairage public	CDH	Puissance (Wc)
2006	13	19	0	0	0	0	30 100
2007	2	8	0	0	0	0	13 780
2009	9	13	0	1	0	1	35 600
2011	5	14	0	0	0	0	22 200
2012	0	0	1	0	5	0	161 480
<b>Total</b>	<b>29</b>	<b>54</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>5</b>	<b>1</b>	<b>263 160</b>

**Tableau n°24.** Les installations par Système solaire PV déjà réalisées par les partenaires :

	Partenaires	Centre de Santé	Hôpital	Ménage (Kit solaire)	Puissance (Wc)
2012	PPCDR	25	0	0	68 220
2014	AMAGARA MEZA	40	0	0	111 600
2014	GIZ	0	0	33	2 945
2015	AMAGARA MEZA	0	1	0	18 750
Total		65	1	33	2015

#### **4.Impacts socio-économiques dus au développement et à la mise en œuvre de la technologie au Burundi**

A l'instar de l'électricité d'origine hydraulique, l'énergie solaire appuie la mise en œuvre et la promotion des activités génératrices de revenus. Elle appuie également l'amélioration du cadre de vie. Concernant l'occupation de l'espace, il peut y avoir des risques de conflits entre les énergéticiens et les autres exploitants de la terre et particulièrement les agriculteurs et les forestiers.

#### **5.Impacts sur l'environnement et sur le changement climatique**

L'occupation et le maintien de l'espace sous couvert pendant une longue période entraîne des modifications notamment sur la biologie des êtres vivants et le milieu environnant.

#### **6.Potentiel de réduction des émissions de gaz à effet de serre présenté par la technologie**

Le rendement actuellement n'est que de 15 à 20%. La conversion de l'énergie solaire en électricité n'émet ni polluants, ni gaz à effet de serre. Les panneaux et les batteries solaires sont presque entièrement recyclables. Les matériaux récupérés peuvent être réutilisés pour la fabrication de nouveaux panneaux. Mais les procédés de purification du silicium pour la fabrication du panneau solaire peut générer des émissions de CO<sub>2</sub> de l'ordre 55 GgEqCO<sub>2</sub> par kWh (Ademe, France). Mais par rapport à la durée de vie du panneau (25 à 30 ans) et de la batterie (4 à 15) qui est remplacé 2 à 7 fois, cette quantité est négligeable

#### **7.Coût à affecter à cette technologie**

Le coût d'installation d'un système solaire photovoltaïque dans 1 651 000 ménages ruraux revient à 688 467 000 dollars américains soit 417 dollars américains par ménage (SCNCC, 2010).

## **Fiche n°4. Standardisation, optimisation, adaptation et diffusion des lampes à basse consommation**

### **1.Introduction**

Dans la plupart des pays, l'exploitation à des fins énergétiques des ressources naturelles dont l'eau, les forêts et les produits pétroliers a été réalisée sans plan ni d'aménagement ni de gestion. Aujourd'hui, certaines de ces ressources ont disparu ou sont réduites dans bon nombre de pays.

Au Burundi, les principales sources d'énergie utilisées pour l'éclairage sont : l'eau et les produits pétroliers. Concernant le sous Secteur de l'Energie, les différents rapports<sup>4</sup> émanant du Ministère en charge de l'Energie et des Mines indique que ce sous secteur est encore sous exploité. Ceci dénote un faible investissement dans ce dernier.

Pourtant plusieurs documents de politiques et rapports nationaux dont la vision « Burundi 2025 », le CSLPII, la lettre de politique énergétique et la stratégie sectorielle pour le Secteur de l'Energie, indiquent l'insuffisance énergétique et encouragent l'investissement dans ledit Secteur afin d'accroître la production d'électricité.

En effet, cette dernière s'avère aujourd'hui très insuffisante et les quantités distribuées se réduisent depuis le niveau de la production jusqu'au niveau du consommateur final qui supporte tous les coûts liés aux pertes ou fuites éventuelles d'énergie dues à plusieurs facteurs; ce qui rend très cher le produit.

Dans le but de garantir la fourniture d'électricité à un coût raisonnable qui tient compte à la fois du coût du produit, des besoins et du pouvoir d'achat de la population, il s'avère indispensable d'analyser les possibilités d'optimiser l'utilisation de la ressource disponible en jouant notamment sur l'amélioration des rendements ou des performances énergétiques des appareils et équipements utilisés. C'est dans ce cadre, qu'intervient la politique visant la promotion de l'utilisation des lampes à basse consommation.

Aujourd'hui, le principal enjeu en matière d'énergie consiste à optimiser et adapter aux fluctuations du réseau les appareils et équipements utilisateurs d'énergie électrique. La mise sur pied d'une politique énergétique au Burundi constitue une meilleure voie pour l'économie d'énergie et la réduction des émissions de gaz à effet de serre.

Quant à la standardisation et l'optimisation des lampes à basse consommation, elles sont une application de cette politique. Elles constituent une stratégie pour la réduction des dépenses familiales, des émissions de gaz à effet de serre, une garantie aux ménages pour l'approvisionnement en énergie

La présente fiche décrit la standardisation, l'optimisation et la diffusion des lampes à basse consommation adaptées aux fluctuations de la haute tension du réseau électrique national en tant que technologie d'atténuation des émissions de gaz à effet de serre dues à l'utilisation des produits pétroliers et autres combustibles polluantes.

### **1.Définition et description des procédures et techniques de la technologie**

#### **❖ Définition**

La standardisation consiste à mettre en place un système permettant d'affecter à un même poste de consommation d'énergie, des lampes de même rendement énergétique. Concernant l'optimisation et l'adaptation, il s'agit de renforcer et d'adapter les performances énergétiques des lampes à basse consommation aux fluctuations de la haute tension du réseau électrique.

---

<sup>4</sup> Concernant l'hydroélectricité, « Opportunités dans le secteur des énergies » indique 156 sites potentiels et 29 sites existants

## 2. Description des procédures et techniques de la technologie

La technologie consistera à standardiser les lampes, améliorer leurs performances et adapter leur système de fonctionnement aux fluctuations de la haute tension du réseau électrique nationale. Dans le but de généraliser la technologie et favoriser sa durabilité, il faut concevoir et mettre en place un système de détection, de vérification des performances des lampes et d'information sur les normes de qualité des différentes catégories de lampes d'éclairage qu'il faut utiliser au Burundi et par poste d'utilisation.

## 3. Etat des lieux des lampes d'éclairage au Burundi

Les lampes d'éclairage utilisées au Burundi sont de classes énergétiques différentes. En effet, comme d'autres produits marchands, les lampes d'éclairage proviennent des différents pays avec des marques et des normes de qualités différentes. Aussi, la plupart des consommateurs n'ont pas d'information suffisante ni sur la classification énergétique ni sur les performances énergétiques des lampes utilisées. La détermination de la qualité est souvent guidée par le prix.

Les ménages utilisent à la fois des ampoules et des tubes fluorescents. Sur les dix ampoules utilisés en moyenne par ménage, 53% sont incandescentes. Concernant les tubes, 45% d'elles sont utilisés pour des mesures de sécurité et pour l'éclairage dans les chambres (MEM, 2011).

Les ampoules efficaces c.-à-d, moins énergivores si disponibles sont de mauvaise qualité et ne peuvent pas supporter les fluctuations de la haute tension du réseau électrique nationale. En conséquence, la population continue à recourir à l'utilisation des anciennes ampoules énergivores.

Or, le Burundi fait actuellement face à un problème d'énergie en général et d'électricité en particulier, il ne parvient pas à satisfaire la demande en électricité qui croît en fonction de la croissance de la population et du développement économique pendant que la capacité de production nationale est faible. A côté de cette faible capacité de production, on enregistre des pertes d'électricité liées notamment à la vétusté du réseau de distribution, aux équipements énergivores, etc. le tableau n°25 indique l'état des pertes enregistrées entre l'année 2001 et 2011.

**Tableau n°25.** Etat des pertes d'électricité liées à la vétusté du réseau de transport et de distribution d'électricité

Année	Energie produite	Energie facturée	Pertes en %
2001	154670	122154	21,0
2002	167359	118877	29,0
2003	160794	124094	22,8
2004	163829	125769	23,8
2005	171359	123708	28
2006	152057	112606	25,9
2007	188804	142824	24,4
2008	199555	160264	19,7
2009	204221	165763	18,8
2010	241455	189128	21,7
2011	245406	204433	16,7

Source: REGIDESO, 2012

Sur les onze années, la moyenne des pertes est estimée à 23%. Ce taux indique que pour atteindre la norme qui est de l'ordre de 10 à 15 %, beaucoup d'efforts doivent être déployés. Cette situation a pour conséquence la hausse de la facture de la consommation d'électricité.

**NB** : en 2012, les pertes sont estimées à 24%<sup>5</sup>

Cependant avec l'appui de la Banque Mondiale, une première campagne de sensibilisation en termes d'efficacité énergétique associée à une acquisition en gros et distribution de 200.000 LFC3 a été initiée en 2011. Avec le même appui, un audit énergétique est déjà réalisé auprès des grands consommateurs de l'électricité dont les établissements publics et les entreprises privées. Les établissements publics audités comprennent les écoles et les universités, les camps militaires et policiers, les prisons, etc. Quant aux entreprises privées, il s'agit des industries agroalimentaires comme la Brasserie du Burundi, les offices du thé du Burundi, etc.

#### **4.Principaux impacts**

##### **❖Impacts socio-économiques**

L'usage des lampes à basse consommation permet à la fois de disponibiliser l'énergie, de réduire le montant de la facture d'énergie et de sécuriser les ménages en ce qui concerne l'approvisionnement en énergie.

##### **❖ Environnementaux**

L'utilisation des lampes à basse consommation apporte de nombreux avantages à l'environnement et à la conservation des ressources naturelles. En effet, plus on améliore le rendement énergétique, moins la ressource naturelle énergétique est dépensée, moins l'atmosphère est polluée, peu de dégagement de gaz à effet de serre ont lieu.

#### **5.Potentiel de réduction d'émission de gaz à effet de serre**

La standardisation et l'optimisation des lampes à basse consommation contribuent à la réduction du gaspillage d'énergie lié à l'utilisation des lampes à faible rendement énergétique. L'énergie récupérée contribuerait à la réduction de la consommation des combustibles générateurs d'émission de gaz à effet de serre, particulièrement, le carburant utilisé en compensation de l'insuffisance de l'énergie hydroélectrique.

#### **6.Coût de la technologie**

Le coût de la technologie est variable selon le taux d'efficacité énergétique et le type de lampes désirés (15 à 20 Euros par Mégawatheure). Les résultats du rapport de l'audit énergétique mené par la REGIDESO depuis dès 2011 pourront orienter l'évaluation du coût.

#### **7.Conclusion**

Eu égard aux problèmes énergétiques nationaux, l'utilisation des lampes à basse consommation reste une solution incontournable pour la maîtrise de la gestion de l'énergie et la réduction des émissions liées à l'utilisation de la biomasse et des produits pétroliers pour l'éclairage.

---

<sup>5</sup> Etude diagnostique du secteur de l'énergie au Burundi 2012 réalisée par le Ministère de l'Énergie et des Mines

## **Fiche n°5. Séchage solaire**

### **1.Introduction**

Au Burundi, les principaux domaines d'utilisation d'énergie actuellement très connus sont la cuisson des aliments, l'éclairage et le chauffage des maisons. Le chauffage est aussi utilisé pour le séchage de certains produits alimentaires afin d'améliorer leur conservation. Il s'agit notamment du poisson, du grain, des feuilles de thé, etc.

La chaleur utilisée pour ce chauffage provient soit de l'énergie solaire soit de l'énergie bois. Mais le thé est presque séché par le bois-énergie. Ainsi, les usines à thé sont les premières consommatrices de bois énergie. Ces dernières contribuent à la déforestation à deux niveaux, le premier niveau c'est l'occupation des espaces forestières pour l'installation des infrastructures et le deuxième c'est l'exploitation excessive du bois.

Quant au séchage du poisson, une énergie suffisante et garantie est indispensable pour le conditionnement de cette denrée rapidement périssable en l'absence du soleil. En temps pluvieux et en l'absence des équipements du froid, beaucoup de pertes sont régulièrement enregistrées.

Le séchoir solaire est une option technologique qui présente beaucoup d'avantages pour la conservation des produits alimentaires. Elle est déjà expérimentée au Burundi auprès des ménages ruraux et dans le cadre des travaux artisanaux notamment pour le séchage du poisson et des produits maraichers. Quelques résultats positifs ont été constatés. Toutefois, en ce qui concerne l'atténuation des émissions de gaz à effet de serre, elle est plutôt indiquée pour le séchage du thé.

Vu l'importance de cette technologie, il serait donc intéressant de partir de l'expérience vécue et de l'expérimenter encore une fois avec un objectif spécifique qui est la réduction des émissions de gaz à effet de serre.

### **2.Définition et description des procédures et techniques de la technologie**

La production de la chaleur nécessite des panneaux solaires thermiques pour capter et transformer l'énergie solaire en chaleur.

### **3.Etat des lieux au Burundi**

Le soleil chauffe tout le territoire national mais la température de chaleur dégagée varie selon les saisons et les régions. Le séchage solaire n'est possible qu'en plein air, pendant le jour et en l'absence des pluies et des nuages. Il n'y a donc pas des systèmes de chauffage artificiels.

### **4.Impacts socio-économiques dus au développement et à la mise en œuvre de la technologie au Burundi**

L'utilisation généralisée des séchoirs solaires rendue possible par la disponibilité de l'énergie solaire thermique aura pour impact premier, la réduction des pertes de la production agricoles et halieutiques liées à l'insuffisance d'ensoleillement et d'équipement de conservation desdits produits au froid. Ceci permettra aux commerçants de dégager des bénéfices importants, aux acheteurs d'avoir des produits à des prix raisonnables et à l'état de percevoir des recettes importantes sur les taxes et impôt.

## **5.Impacts sur l'environnement et sur le changement climatique**

L'utilisation généralisée des séchoirs solaires contribuerait à l'amélioration de la salubrité publique à travers notamment la réduction des déchets très polluants constitués par le rejet dans la nature des produits très riches en azote dont les poissons.

Elle contribuerait également à la réduction des émissions de gaz à effet de serre à travers notamment la réduction de la pollution liée à l'utilisation du bois énergie utilisée pour la conservation du poisson(fumage) et le séchage du thé.

## **6.Potentiel de réduction des émissions de gaz à effet de serre présenté par la technologie**

Certes, la conversion de l'énergie solaire en chaleur s'accompagne d'un dégagement d'émission de gaz à effet de serre. Mais par rapport aux émissions liées à la combustion du bois énergie, les émissions issues de la conversion de l'énergie solaire en chaleur sont minimales. En d'autres termes, l'utilisation généralisée des séchoirs solaires permettra de réduire ou de supprimer les émissions liées au séchage du thé.

## **7.Coût à affecter à cette technologie**

un kit solaire thermique de 50Wc coûtait 500 000 FBu hors taxe en 2010 (SCNCC, 2010)

## **Fiche n°6. Méthanisation pour la production du biogaz**

### **1.Introduction**

Le biogaz est l'une des sources d'énergie utilisée pour la cuisson des aliments et l'éclairage. Cette forme d'énergie est particulièrement intéressante dans les zones où le bois et le charbon de bois sont rares et très chers.

Au Burundi, l'usage du biogaz est particulièrement intéressant pour le désenclavement énergétique, la sauvegarde de l'environnement et la réduction des émissions de gaz à effet de serre à travers notamment la réduction de consommation du bois énergie et du pétrole lampant.

Les ménages ruraux éloignés du réseau hydroélectrique et particulièrement ceux regroupés en village seraient les premiers bénéficiaires des projets biogaz. Cette technologie intéresse également les institutions publiques tels que les établissements scolaires à régime d'internat, les universités, les camps militaires et policiers, les hôpitaux, les maisons d'arrêt, les agri-éleveurs, etc.

### **2.Définition et description des procédures et techniques de la technologie**

Le biogaz est un mélange de gaz dominé par le méthane. Il est obtenu par la fermentation de la matière organique (bouse de vache et déchets organiques) dans des digesteurs. Ceux-ci sont constitués d'un ou de plusieurs réservoirs hermétiquement clos. Les digesteurs à petite échelle des foyers sont habituellement fabriqués en béton, en briques, en métal, en fibre de verre ou en plastique. Ils sont faciles à fabriquer, à faire fonctionner et à entretenir.

La fermentation des déchets organiques est l'un des procédés de valorisation énergétique des déchets biodégradables se traduisant par la production d'un gaz combustible (le biogaz) et d'un digestat, qui est utilisé comme fertilisant agricole.

Le procédé de production du biogaz s'appelle « bio méthanisation ». Il consiste en une réaction anaérobie par laquelle la matière organique est progressivement dégradée en méthane et en gaz carbonique ainsi qu'en d'autres gaz traces : H<sub>2</sub>S, O<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>, CO, NH<sub>3</sub> et H<sub>2</sub>O (vapeur)

Trois types de biogaz peuvent être distingués :

- Biogaz riche : 80% de CH<sub>4</sub> et 20% de CO<sub>2</sub>
- Biogaz moyen : 65% de CH<sub>4</sub> et 35% de CO<sub>2</sub>
- Biogaz pauvre : 50% de méthane et 50% de CO<sub>2</sub>

### **Etat des lieux de la technologie du biogaz**

Introduit au Burundi depuis 1980, grâce à la coopération bilatérale et multilatérale, le programme d'expérimentation, de construction et de vulgarisation des installations à biogaz visait les objectifs ci-après :

- éliminer les déchets qui constituent une nuisance environnementale aussi bien dans les ménages que dans les collectivités ;
- produire du biogaz, une source d'énergie directement utilisable, renouvelable et susceptible de substituer une partie des produits pétroliers et du bois dans les domaines de la cuisson, d'éclairage, de chauffage et de réfrigération ;
- substituer une partie des fertilisants artificiels par des digestats comprenant la matière organique résiduelle stabilisée (avec la totalité d'éléments minéraux : N, P, K) pouvant faire office de fertilisants organiques.

A la fin de 1989, 150 digesteurs étaient installés un peu partout dans le pays en majorité dans la province de CANKUZO<sup>6</sup> (NDAYIRUKIYE.S et al, 1991) par des projets belges, chinois et allemands. Les substrats utilisés étaient principalement la bouse de vache, les contenus de la panse, le lisier de porc, les déjections humaines, les déchets d'abattoir, les eaux de lavage du café, les déchets de cuisine, les excréments de lapin, la fiente de poule et les ordures ménagères.

A la veille de la crise de 1993, il y avait respectivement 160 et 162 digesteurs pour les ménages et les institutions (Burundi, 2010). Cette crise a entraîné la fermeture de pas mal d'installation à biogaz. Cependant, d'autres initiatives ont vu le jour après la crise et les activités de recherche n'ont jamais été interrompues.

### **3.Impacts socio-économiques dus au développement et à la mise en œuvre de la technologie au Burundi**

La relance de l'exploitation de la technologie du biogaz, nécessitera certes des dépenses d'investissement mais permettrait d'abord de réhabiliter les anciennes infrastructures, créer des emplois et ainsi améliorer les revenus des ménages, réduire les dépenses liées à la consommation du bois, du pétrole rampant et de la bougie. Ainsi la réduction de la consommation des produits importés permettra d'économiser un certain montant de devises

---

<sup>6</sup> projet biogaz, 1989

#### **4.Impacts environnementaux**

La relance des activités d'exploitation de la technologie du biogaz, permettrait de sauvegarder des quantités considérables de bois et réduire une certaine quantité de pétrole rampant. Cela permettra de réduire le rythme déforestation et de dégradation forestière et l'accroissement des émissions de GES.

#### **5.Potentiel de réduction des émissions de gaz à effet de serre présenté par la technologie**

Vu la matière avec laquelle les installations de biogaz fonctionnent, la technologie peut être proposée comme une alternative de réduction des émissions anthropiques de gaz à effet de serre et un moyen d'assainissement de l'Environnement. En effet, après combustion du biogaz, le méthane est transformé en gaz carbonique, moins dangereux dans la mesure où par photosynthèse, il peut être absorbé par les plantes.

La méthanisation à des fins de gestion du fumier permet une atténuation d'émissions du méthane respectivement estimées à 11,59 et 17,25 Gg ECO<sub>2</sub> respectivement pour les années 2020 et 2025. (NYENGAYENGE D, 2009).

En outre, le projet de diffusion des installations à biogaz dans 1000 ménages ruraux permettra d'atténuer 1335,31 de Gg de CO<sub>2</sub> par an à raison de 843 kg de bois par habitant préservés chaque année (MEM, 1991), soit 5058 kg par ménage. De par la fourniture d'énergie pour l'éclairage des maisons d'habitations, ce projet permettra également d'atténuer les émissions liées à l'utilisation des combustibles utilisés dans ce domaine dont le pétrole lampant, la bougie, etc.

#### **6.Coût à affecter à cette technologie**

La sensibilisation et l'installation de 1000 digesteurs dans 1000 ménages coûteraient 960 000 dollars américains soit 960 dollars par digesteur d'une capacité égale à 10m<sup>3</sup> (NYENGAYENGE D, 2009).

### **Fiche n°7. Aérogénération de l'électricité**

#### **1.Introduction**

Le Burundi accuse un très grand retard en matière d'accès aux énergies renouvelables, sa population a un taux d'accès à l'électricité encore inférieur à 5%, alors qu'ailleurs ces sources sont utilisées depuis longtemps.

Aujourd'hui, la puissance moyenne d'une éolienne dépasse 2 MW contre 0,5 atteinte en l'an 2000 et une puissance de 2MW suffit pour satisfaire les besoins en électricité d'au moins 2000 personnes (200 ménages burundais) dans les domaines d'éclairage et de chauffage.

Dans le but de substituer les énergies traditionnelles et approvisionner en électricité les zones éloignées du réseau central de production et de distribution d'électricité, l'exploitation de l'énergie éolienne fait partie des priorités du Gouvernement en matière d'accroissement du taux d'accès à l'électricité (CSLP, 2012). Cette technologie peut être utilisée par un ménage, une communauté, une institution publique ou une petite unité de transformation des produits agricoles comme un moulin.

La présente fiche a pour objet d'orienter l'identification de la meilleure technologie adaptée au Burundi pour une exploitation rentable et durable de l'énergie éolienne. Elle donne une définition de l'énergie éolienne, le fonctionnement de la technologie ou sa faisabilité.

## 2. Définition et composition et fonctionnement de la technologie de la technologie

### ❖ Définition

Le vent détient naturellement de l'énergie. C'est donc une énergie abondante et renouvelable ; elle est dépend de l'énergie potentielle du vent. Cette dernière se transforme en énergie cinétique grâce au mouvement de l'air sur terre. Cette énergie est transformée en énergie mécanique par un dispositif appelé « éolien ».

Figure13. Exemple du système éolien du type aérogénérateur.

### Composition et fonctionnement d'une éolienne

Une éolienne est compose de:

#### i. Un mât

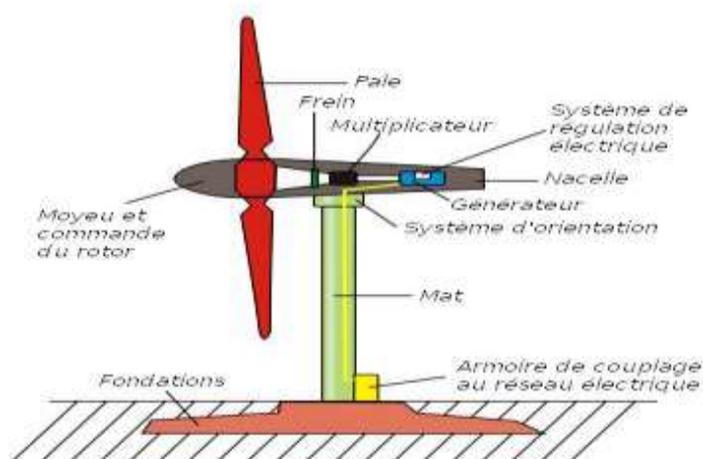
Un mât abrite des composants électriques ( moduleur, commande de la multiplicateur, un générateur)

#### ii. Un rotor

Un rotor est la partie rotative de l'éolienne. Il est placé en hauteur du mat pour capter les vents forts. Il est généralement composé de 2 ou trois pâles en matériau composites et mis en mouvement par l'énergie cinétique du vent. Il comprend aussi le du nez de l'éolienne. Il peut être couple par une pompe ou un générateur de courant électrique. Il est relié à une nacelle par le moyeu. Les pâles sont les éléments convertisseurs de l'énergie cinétique en énergie mécanique.

#### i. une nacelle

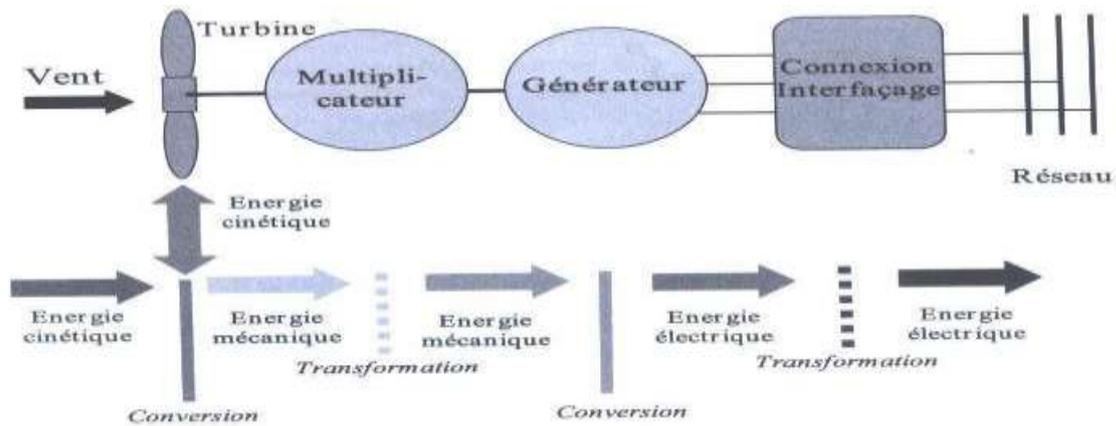
Une nacelle est une structure montée au sommet du mât. Elle contient des éléments mécaniques permettant de transformer l'énergie cinétique en énergie mécanique



tension est ensuite modifiée par un transformateur qui se situe dans le mât qui va faire passer le courant de 600 à 1000 volts à l'entrée à 20 000 ou 30 000 volts à la sortie, ce niveau de tension permet d'acheminer l'électricité jusqu'à un centre de raccordement au réseau électrique .

La conversion de l'énergie du vent en énergie électrique se fait en deux étapes :

- i. Au niveau de la turbine, il se passe la conversion de l'énergie cinétique produit par le vent en énergie mécanique ;
- ii. Au niveau du générateur, il se passe la conversion de l'énergie mécanique en énergie électrique (figure14).



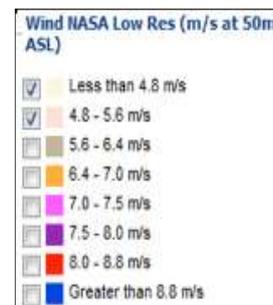
**Figure n°14.** Principe de conversion d'une énergie.

### 3. Etat des lieux sur l'énergie éolienne au Burundi

Le Burundi dispose d'une force éolienne qui lui permettrait de contribuer au déficit énergétique. Les brises vent du Lac Tanganyika sont suffisantes et régulières et assez fortes pour entrainer des éoliennes. Le CEBEA a expérimenté et diffusé l'énergie éolienne pour le pompage de l'eau

Les données sur la configuration des vents ont été enregistrées par l'Institut des sciences agronomiques du Burundi principalement à des fins agricoles; la vitesse moyenne du vent se situe entre 4 et 6 m / s. Le Burundi est doté de quelques sites éoliens intéressants connus notamment sur les rives du lac Tanganyika et probablement dans les hautes altitudes. Un inventaire complet de la ressource est néanmoins nécessaire.

Comme dans le cas solaire, l'énergie éolienne peut produire de l'électricité pour le réseau au moyen de machines de 250 kW à 3 MW unitaires<sup>7</sup>(Mem, 2012) ; elle peut aussi alimenter des sites isolés aux fins de pompage de l'eau, de signalisation ou d'éclairage. **Figure15.** Carte de répartition géographique des sites éoliens



**Source:** SWERA – NASA Low resolution

<sup>7</sup> Lettre de politique énergétique

#### **4.Impacts socio-économiques dus au développement et à la mise en œuvre de la technologie au Burundi**

L'énergie électrique produite par les systèmes éoliens constitue un facteur de soutien à la réalisation des activités génératrices de revenus pour les ménages d'une part. Ainsi, ces systèmes permettent d'améliorer les conditions de vie des populations. L'accès à l'électricité améliore les conditions de travail d'autre part. Ce qui favorise l'augmentation du rendement au travail et partant la croissance économique.

#### **5.Impacts environnementaux**

La valorisation électrique du vent permet de substituer les énergies traditionnelles polluantes et partant contribuer à la protection de l'environnement

#### **6.Potentiel de réduction des émissions de gaz à effet de serre présenté par la technologie**

Le montage et l'exploitation des équipements s'accompagnent de la production d'émissions de GES. Le tableau ci-après n° 26 indique les relations entre l'énergie produite et les émissions de GES générées. Pour simplifier les calculs, on se base sur un facteur de capacité de 20% tout au long de la vie de l'éolienne et une durée de vie de 20

**Tableau n°26.** Energie produite et émissions générées

Emissions de GES	Eolienne de 850 kW	Eolienne de 3000kW
Emissions de GES sur le long terme en tonnes éq CO2	1763	5530
Facteur de charge en pourcentage	20	20
Durée de vie en ans	20	20
Production électrique le long du cycle de vie en kWh x10 <sup>6</sup>	29,78	105,12
Emissions de gaz à effet de serre par kWh produit en éq CO <sub>2</sub> /kWh	59,19	52,61

**Source :** Life Cycle Assessments (LCA), 2014 ; <http://www.contrepoints.org> -éoliennes-bilan-carbone

#### **7.Coût à affecter à cette technologie**

Le montant du coût est variable selon la puissance d'énergie à produire et l'état du sol. Une indication précise du coût requiert une étude complémentaire. Mais l'installation et la maintenance des machines d'une centrale éolienne nécessitent des moyens de levage difficiles à mobiliser au Burundi.

#### **Fiche n°8. Standardisation et optimisation des systèmes de carbonisation du bois**

##### **2.Introduction**

Le bois constitue depuis longtemps une source d'énergie facilement accessible à peu de frais. Mais, au fur et à mesure que l'urbanisation s'est développée, le bois est devenu incompatible avec l'habitat moderne. En effet, d'abord le bois occupe un grand espace qui n'est pas disponible dans l'habitat moderne. Ensuite, il dégage beaucoup de fumées dans une petite cellule.

Pour faire face à cette situation, il a été imaginé une technique pouvant à la fois garantir l'approvisionnement en énergie pour la cuisson et le chauffage des maisons sans trop polluer

l'intérieur de ces dernières. Ainsi, la carbonisation ou la combustion incomplète appelée encore pyrolyse vit le jour.

Le charbon est un produit du bois qui est moins encombrant ; il est plus léger et plus facile à transporter que le bois. En outre à densité égale, le pouvoir calorifique du charbon de bois est 2,5 fois supérieur à celui du bois (MEM, 1990). Sur le plan économique, le charbon de bois est facile à manier ; il s'adapte facilement à la vente en détails et par conséquent facilement accessibles aux ménages à faible revenu.

Cependant, si les techniques de carbonisation ne sont pas performantes, la carbonisation devient le principal facteur de dégradation des forêts et une source clé d'émission de gaz à effet de serre. C'est dans le but d'éviter cette situation que les pays forestiers ont négocié et obtenu un mécanisme de réduction des émissions liées à la Réduction des émissions liées à la déforestation, dégradation forestières, conservation, et à la gestion durable des forêts en sigle (REDD+).

En tant que Pays partie à la de la CCNUCC et membre de la COMIFAC, le Burundi s'est engagé à mettre en œuvre le programme REDD+. En effet, à travers le RPP, le Burundi s'est engagé à mettre en œuvre toutes les actions liées à la REDD+ dont la gestion durable des forêts. En d'autres termes, il est recommandé d'éviter les pertes notamment par l'amélioration du rendement soit matière soit énergétique. Ceci qui est donc l'objet de l'élaboration de la présente fiche.

### **3. Définition et description des procédures et techniques de la technologie**

#### **❖ Définition**

La standardisation consiste à uniformiser les systèmes de carbonisation tant du point de vue légal que technique. Quant à l'optimisation, il s'agit de renforcer les performances des fours de carbonisation.

#### **❖ Procédures et techniques**

Les procédures à suivre pour la mise en œuvre de cette technologie comprennent l'organisation d'une campagne de concertation et de sensibilisation de tous les intervenants dans la filière charbon de bois, l'élaboration d'une ordonnance en matière de carbonisation.

Concernant les techniques, une étude d'évaluation des performances des techniques et matériels existants est requise. Les conclusions de cette étude devront proposer des améliorations tant du point de vue matériel qu'organisationnel.

### **4. Etat des lieux de la technologie**

Introduit au Burundi avant l'indépendance du Pays par les arabes, la carbonisation reste une activité traditionnelle et artisanale. En effet, une grande partie de cette activité se fait encore dans l'informel. La formation qu'avaient bénéficié certaines associations de charbonniers n'est pas capitalisée. Car, cette activité n'est ni normalisée ni réglementée. Les techniques et les fours utilisées sont très peu performants d'où l'accroissement de la perte ou/ du gaspillage de la matière.

Les pertes en termes de matière et d'énergie sont énormes car plus de 99% des de carbonisation se fait de manière traditionnelle sur tout le territoire national avec un rendement pondéral ne dépassant pas 10%. Ce faible rendement a pour conséquence la multiplication de la fréquence des coupes de bois jusqu'à porter même sur des arbres non encore mûres. En définitive, c'est la dégradation des forêts et de l'environnement avec tout ce que cela comporte comme conséquences.

## **5.Impacts socio-économiques**

L'amélioration des rendements à la carbonisation permettra de réduire les pertes de bois. La fréquence des coupes sera réduite et en conséquence ne seront coupés que les arbres mûres qui se régénèrent facilement de souche et dont on peut tirer du charbon de meilleur qualité.

Dans ce cas, le propriétaire des boisements y tirera plus de profit car, il aura à vendre un grand volume de bois. Du côté des consommateurs, ils auront du charbon de bois de qualité qui s'effrite moins. De ce fait, ils verront diminuées les dépenses pour l'achat du charbon, car ils achèteront peu de charbon par rapport à l'ancienne situation où la carbonisation était traditionnelle. Quant à l'Etat, il verra les recettes augmentées car le volume du bois à vendre aura augmenté.

Cependant la production du charbon de bois de qualité aura un impact négatif pour vendeurs détaillants ; la vitesse d'écoulement va diminuer à cause de la diminution des quantités consommées.

## **6.Impacts environnementaux**

Les nouveaux systèmes de carbonisation permettraient de réduire la fréquence des coupes et partant la limitation de la dégradation des forêts et de l'environnement. Ainsi, sera limité l'érosion des sols

### **Potentiel de réduction des émissions de gaz à effet de serre présenté par la technologie**

A titre indicatif, il est possible d'éviter 1 622 Gigagrammes de CO<sub>2</sub> avec l'utilisation du four cornu de COTONOU. Ce dernier a un rendement pondéral supérieur à 25%. Il permet de réaliser une économie de 60% du bois soit 73.17% du volume de bois sur pied c'est-à-dire 1 214 443 m<sup>3</sup> (CNICC, 2001).

## **7.Coût à affecter à cette technologie**

Le Coût du four est estimé à 4 millions de francs Bu. Tandis que le programme de sensibilisation coûterait au moins 15 millions. Soit au total 19 millions soit 9500 dollars américains.

## **B. Secteur déchets**

### **Fiche n°1. Méthanisation pour la production du biogaz**

#### **1.Introduction**

Dans le cadre de la résolution des problèmes environnementaux liés à l'usage des produits pétroliers, du bois et de ses dérivés ainsi qu'à la mauvaise gestion des déchets, l'utilisation du biogaz représente une excellente solution alternative à ces problèmes. En effet, l'utilisation du biogaz contribue à la réduction de la consommation du bois de feu et du charbon de bois ainsi que celle des produits pétroliers utilisés respectivement pour la cuisson et l'éclairage. Il contribue aussi à la réduction des nuisances liées à l'accumulation des déchets.

Les ménages ruraux éloignés du réseau hydroélectrique et prioritairement ceux regroupés en villages seraient les premiers bénéficiaires des projets liés à la méthanisation. Sont également intéressés par cette technologie, les établissements publics tels que les établissements scolaires à régime d'internat, les campus et homes universitaires, les camps militaires et policiers, les maisons d'arrêt, les hôpitaux, etc.

Selon les spécialistes du domaine, le principal facteur limitant pour le développement du biogaz au Burundi est l'insuffisance de la bouse de vache. En effet, par rapport à d'autres matières organiques fermentescibles, c'est la bouse de vache qui contient beaucoup de bactéries méthanogènes. Car 31 kg de bouse permet de produire un mètre cube de biogaz.

En conséquence et à titre indicatif, 2 vaches ou 5 porcs suffisent pour produire de la biomasse nécessaire pour le fonctionnement d'un digesteur permettant la cuisson et l'éclairage au niveau du ménage à six personnes ; il faut 2m<sup>3</sup> de gaz par jour.

Par ailleurs, une vache frisonne est capable de faire fonctionner un congélateur de conservation de sa production laitière. La même source indique que les installations sont faciles à monter et entretenir. En outre, elle indique que le coût d'investissement est récupéré après 5 ans de fonctionnement.

#### **2.Définition et description des procédures et techniques de la technologie**

La méthanisation est un processus biologique permettant de transformer les déchets biodégradables en mélange de gaz où domine le méthane. Ces déchets peuvent comprendre : (i) des déjections animales, (ii) des résidus agricoles ou agro industriels, (iii) des ordures ménagères.

La méthanisation se passe dans des cuves appelées « digesteurs méthaniques », en l'absence d'oxygène dans un milieu neutre (pH=7) et à une température avoisinant 35°C. Elle met en œuvre un processus microbien appelé « méthanogènes » où différentes communautés de bactéries participent en syntrophie.

Les digesteurs méthaniques sont des conteneurs qui doivent être hermétiquement fermés au moment de l'utilisation afin d'éviter l'entrée d'air. Ils sont faciles à fabriquer, utiliser et entretenir. A petite échelle des foyers, ils sont habituellement fabriqués en béton, en briques, en métal, en fibre de verre ou en plastique.

Dès que la biomasse-substrat est introduite dans le digesteur, elle est progressivement dégradée en méthane et en gaz carbonique ainsi qu'en d'autres gaz traces : H<sub>2</sub>S, O<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>, CO, NH<sub>3</sub> et H<sub>2</sub>O (vapeur). La matière organique résiduelle de cette dégradation est appelé « digestat », il est souvent récupéré pour faire office de fertilisant ou d'amendement des sols.

Selon la composition du substrat dégradé, on distingue trois types de biogaz à savoir :

-Biogaz riche : 80% de CH<sub>4</sub> et 20% de CO<sub>2</sub>

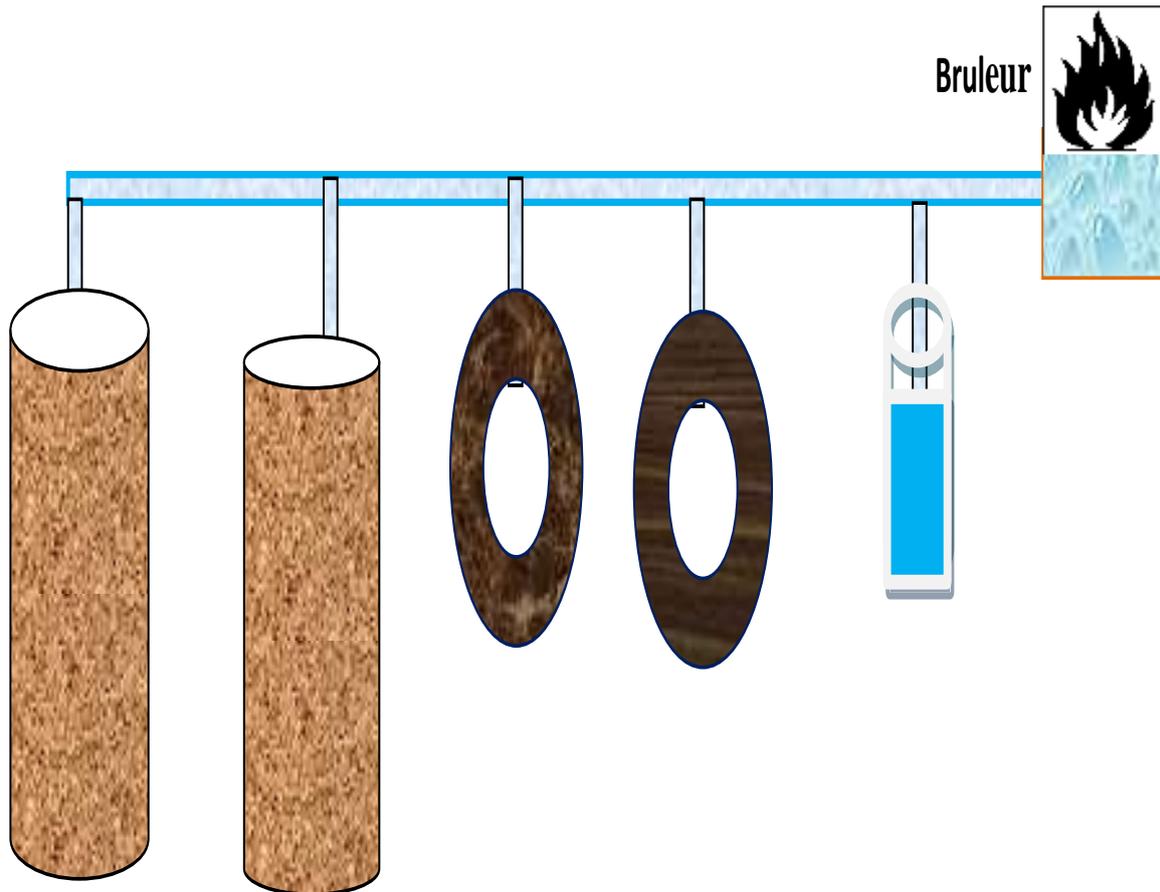
- Biogaz moyen : 65% de CH<sub>4</sub> et 35% de CO<sub>2</sub>
- Biogaz pauvre : 50% de méthane et 50% dCO<sub>2</sub>

#### ❖ Fonctionnement d'un digesteur à biogaz



**Figure 16. Schéma de principe d'une petite cuisine au biogaz**  
**Matériel nécessaire :**

- 1) Deux fûts en plastiques étanches
- 2) Deux chambres à air du véhicule
- 3) Une bouteille d'eau (5 litres)
- 4) Un bruleur ou bec de benzène
- 5) Un tuyau raccordé au matériel énuméré ci-avant au moyen de 4 raccords en T, coude ( à gauche) et une nupple ( vers l'allumeur) ;
- 6) Des silicones et colliers métalliques type serre-joint et de la paille de fer



**Figure 17.** Schéma de fonctionnement d'un digesteur à biogaz  
 Le fonctionnement d'un digesteur à biogaz se déroule en 5 principales phases dont la vérification de l'étanchéité qui se fait au niveau de chacune des quatre phases



a) Production du gaz

Les bidons destinés à produire du biogaz doivent être soigneusement préparés. Pour cela, il faut vérifier voir s'ils ne contiennent pas des microbes ou produits nuisibles aux bactéries méthanogènes. En outre il faut vérifier leur étanchéité.

Dans les bidons étanches et ne contenant pas d'éléments dangereux, seront alors introduits de la matière organique fraîche, de l'eau chaude de préférence. Ces bidons seront ensuite branchés au tuyau de transport de gaz.

#### **b) Stockage du gaz**



Apprêter les chambres à air pour la réception et le stockage du gaz. Pour cela, il faut d'abord vérifier voir si les chambres à air sont étanches. Ensuite, il faut enlever le système de clapet sur l'embout de la chambre à air afin que l'air entre directement et relier les chambres à air au tuyau de transport de gaz au moyen d'un tuyau de 50 cm de long.

#### **c) Soupape de sécurité**

Fixer sur le tuyau principal, un morceau de tuyau de 50 Cm de long comme pour les chambres à air. Plonger ensuite ce tuyau dans une bouteille remplie d'eau. La hauteur d'eau indique la pression maximum du gaz

#### **d) Montage du brûleur**

Il faut brancher ou raccorder le tuyau à gaz sur l'embout du réchaud au moyen d'un tuyau de dimension inférieure à celle du tuyau d'amenée. Pour allumer la flamme, il faut jouer avec la pression sur les chambres à air et l'arrivée d'air sur le réchaud. Pour éviter le retour de la flamme, mettre la paille de fer dans le tuyau d'amenée.

### **3. Etat des lieux de la technologie du biogaz**

Introduit au Burundi depuis 1980, grâce à la coopération bilatérale et multilatérale, le programme d'expérimentation, de construction et de vulgarisation des installations à biogaz avait comme principaux objectifs : (i) l'élimination des déchets qui constituent une nuisance environnementale aussi bien dans les ménages que dans les collectivités ; (ii) la production d'une énergie directement utilisable, renouvelable et susceptible de substituer une partie des produits pétroliers et du bois dans les domaines de la cuisson, d'éclairage, de chauffage et de réfrigération et (iii) la substitution d'une partie de l'électricité dans le domaine de la cuisson et de l'éclairage.

A la fin de 1989, 150 digesteurs étaient installés un peu partout dans le pays en majorité dans la province de CANKUZO<sup>8</sup> (NDAYIRUKIYE.S et al, 1991) par des projets belges, chinois et allemands. Les substrats utilisés étaient principalement la bouse de vache, les contenus de panse, le lisier de porc, les déjections humaines, les déchets d'abattoir, les eaux de lavage du café, les déchets de cuisine, les excréments de lapin, la fiente de poule et les ordures ménagères.

A la fin de l'année 1992, il y avait respectivement 160 et 162 digesteurs pour les ménages et les institutions (DGEE, 2009). Mais la crise sociopolitique survenue en 1993, n'a pas permis l'évolution normale des activités ; la plupart des installations ont été détruites. Cependant, avec l'appui du laboratoire de chimie, l'Université du Burundi n'a jamais arrêté la recherche sur le biogaz notamment dans le cadre des travaux de fin d'études.

Aussi de nouvelles initiatives ont vu le jour ; il s'agit notamment des installations de biogaz mises en place et entretenues par la société Biogaz du Burundi depuis 2014. Une de ces installations se trouve au Lycée Saint Marc sis à Bujumbura et une autre dans une des unités artisanales de transformation de l'huile de palme à Rumonge.

Le Lycée Saint Marc compte 400 élèves internes. Il dispose de deux digesteurs, un construit en béton et mesurant 10 m<sup>3</sup> et un autre en en plastique d'un volume variant entre 1m<sup>3</sup> et 1,5 m<sup>3</sup>. (Figures n°18). Les capacités de production installée sont respectivement de l'ordre de 40 à 1 m<sup>3</sup> cubes par jour. La principale matière d'alimentation sont les déjections humaines en provenance des latrines, les restes de cuisine ( les épluchures, (de patates douce, de bananes, etc.) auxquels sont ajoutés des restes d'estomac de vache ramassés à l'abattoir de Bujumbura. L'alimentation principale du grand digesteur provient des latrines. Tandis que la petite est alimentée par les déjections de vache.

Faute de quantité suffisante de bouse, la production journalière du biogaz ne dépasse pas 11 m<sup>3</sup>. L'école enregistre donc aujourd'hui, un déficit de 29 m<sup>3</sup>. Selon Monsieur DUSABE Wilbert, Directeur exécutif Gérant de la société Biogaz du Burundi, la satisfaction des besoins du Lycée Saint Marc nécessite un élevage d'au moins 40 vaches.

La figure n°18 comprend trois principales images, la première représente une citerne en plastique (1) qui fait office de digesteur de bouse(1), la deuxième c'est une citerne(2) en béton qui porte un ballon à gaz. Il est relié aux tuyaux d'évacuations des déchets de toilette. Il fait office de digesteur des déjections de toilette. La troisième image est un bac en béton dont la partie supérieure est ouverte contrairement aux deux premières citernes. Ce bac fait office de pré fosse.

Cette dernière est reliée aux deux citernes. Il reçoit de (1), les bactéries méthanogènes issues de la bouse. C'est dans la pré-fosse que se passe la décomposition des déchets à formules très longues contenues notamment dans les épluchures, les restes de cuisine, etc.

A travers un tuyau la pré- fosse envoie les déchets décomposés dans la citerne (2) qui à son tour produit du biogaz et du digestat. Le biogaz sort par le haut par le tuyau en vert qui le conduit jusqu'aux lampes d'éclairage à biogaz et aux cuisinières à gaz. Tandis que le digestat est puisé à travers le tuyau en PVC dont le sommet est relié à tuyau PVC en U.

---

<sup>8</sup> projet biogaz, 1989



**Figure18.** Installation du Biogaz au Lycée Saint Marc

#### **4.Impacts socio-économiques dus au développement et à la mise en œuvre de la technologie au Burundi**

La relance de l'exploitation de la technologie du biogaz permettrait d'abord de réhabiliter les anciennes infrastructures, créer des emplois et ainsi améliorer les revenus des ménages, réduire les dépenses liées à la consommation des combustibles polluants comme les produits pétroliers et le bois de feu.

Par valorisation des déchets produits sur place en biogaz et en fertilisants, la technologie contribue à la réduction du montant de la facture liée au paiement des frais d'évacuation des dits déchets et à l'achat d'engrais. La réduction de la consommation des produits importés permettra d'économiser un certain montant de devises.

#### **5.Impacts environnementaux**

Dans le domaine de la cuisson, l'utilisation du biogaz contribue à la réduction de la consommation du bois de feu. Ainsi, elle contribue à la sauvegarde des forêts et boisements et à la réduction de la pollution et des émissions de gaz à effet de serre liées à l'utilisation du bois de feu.

Dans le domaine de l'éclairage, le biogaz peut remplacer le pétrole et contribuer à compenser le déficit hydroélectrique ou remplacer le carburant qui semble plus polluant que le gaz. Ainsi, elle contribue à la réduction de la pollution et aux émissions de GES liées aux produits pétroliers. Dans le domaine de l'assainissement, l'utilisation du biogaz constitue une des meilleures stratégies de réduction des déchets et partant des nuisances et pollutions liées à l'accumulation des déchets.

## **6.Potentiel de réduction des émissions de gaz à effet de serre présenté par la technologie**

La technologie utilise des déchets fermentescibles et en conséquence susceptibles de production du méthane, un gaz plus dangereux que le CO<sub>2</sub> à cause de son Pouvoir de Réchauffement Global (PRG) élevé et qui n'est assimilable par les plantes comme le CO<sub>2</sub>. Le biogaz est un produit énergétique directement utilisable et susceptible de remplacer certaines sources d'énergies polluantes et génératrices d'émission de GES dont la biomasse, les produits pétroliers, etc.

Selon le Directeur exécutif de la société Biogaz du Burundi, un digesteur de 10 m<sup>3</sup> peut produire 40m<sup>3</sup> de biogaz par jour. Dans ce cas, le biogaz peut remplacer le bois de feu utilisé pour la cuisson des aliments de 400 élèves à raison d'un stère par jour et contribuer à l'éclairage. Le remplacement total du bois de feu permettra d'éviter l'émission d'au moins 0,77 tonnes de CO<sub>2</sub> par jour si on suppose que le stère pèse 420 kg.

## **7.Coût à affecter à cette technologie**

La sensibilisation et l'installation de 1000 digesteurs dans 1000 ménages coûteraient 960 000 dollars américains soit 960 dollars par digesteur (NYENGAYENGE D., 2009). Selon la société Biogaz Burundi, le coût d'installation d'un digesteur de biogaz pour la cuisson et l'éclairage avec une capacité de 40m<sup>3</sup>, revient à plus ou moins à 3000 dollars américains. Selon la même source, le retour d'investissement est envisagé dans 5 ans.

## **Fiche n°2. Compostage des déchets organiques**

### **1. Introduction**

Dans les temps les plus reculés, c'est la nature qui recyclait les déchets produits par l'homme. Mais avec le développement urbain, le cycle naturel a été rompu et les dépôts de déchets ont proliféré. En effet, il y a des temps où la propreté et l'hygiène laissent à désirer dans certaines villes.

Aujourd'hui, l'hygiène publique est devenue une véritable préoccupation aussi bien du public que de la population. Certes, la collecte des déchets se développe de plus en plus dans la ville de Bujumbura, mais comme la gestion de ces déchets ne fait pas encore l'objet de réglementation nationale, chaque entité administrative, chaque ménage s'organise comme elle ou il l'entend.

La proposition de cette technologie est d'abord motivée par le souci mettre en application les engagements pris par le Burundi lors de la Conférence des Nations Unies sur le Climat tenu à Paris en novembre 2015 dans le cadre de la CPDN. En effet, dans le domaine de l'atténuation des émissions du secteur de l'agriculture, le compostage des déchets a été jugé meilleure option pour la substitution des engrais minéraux dont l'utilisation contribue à plus de 98% des émissions dudit secteur. La deuxième raison, c'est l'amélioration de la salubrité publique d'une part et de l'amélioration de la production agricole de bonne qualité.

### **2.Définition et description des procédures et techniques de la technologie**

Les solutions techniques permettant de réduire les émissions du secteur consistent soit à réduire les quantités des rejets à la source ou encore à récupérer et valoriser le méthane produit.

En matière de réduction à la source des déchets solides, la principale solution technique consiste à limiter l'utilisation des matières et des matériaux susceptibles d'augmenter les quantités des déchets solides générés et à procéder au recyclage, au compostage des déchets et à leur incinération. Cependant, l'incinération peut s'avérer incompatible avec les options d'atténuation des GES possibles dans la mesure où elle peut poser le problème de l'émission de polluants atmosphériques dus à la combustion, de l'élimination des cendres et des coûts élevés qui résulteraient de traitements spécifiques requis ou de l'humidité des déchets.

Le compostage consiste à transformer en terreau, par fermentation, la part organique des déchets (généralement les déchets verts, mais aussi la fraction organique des ordures ménagères, les boues des stations d'épuration, les déchets d'élevage ou des industries agro-alimentaires). Les principales étapes à suivre comprennent les actions suivantes :

- a. tasser les déchets solides biodégradables dans des fosses à compost ;
- b. couvrir les déchets par de la terre en mince couche ;
- c. remuer l'ensemble trois à quatre fois.

En principe à la fin de ces opérations, les déchets sont décomposés et transformés en produit stable et non dégradant, prêt pour la fertilisation des sols.

Le compostage permet de réduire considérablement la quantité des déchets fermentescibles en décharge et par conséquent les émissions de CH<sub>4</sub>. Le compostage permet également d'allonger la durée de vie des décharges. Le développement de stations de compostage de déchets organiques nécessite au préalable la mise en place de dispositifs adéquats de collecte sélective à la source. Il nécessite par ailleurs, le développement d'un marché captif du compost à proximité des stations de compostage permettant d'optimiser leur rentabilité.

### **3. Etat des lieux sur le compostage**

Le manque d'emploi en milieu rural et la réduction des superficies cultivables consécutives à l'accroissement de la population, à la dégradation des terres a entraîné un exode rural en vue de la recherche des emplois dans les villes. Ceci a pour conséquence l'accroissement spontané de la population dans les milieux urbains.

Ainsi l'accroissement de la population et des activités économiques en l'absence des technologies de transformation et de conservation des produits peu performantes ont entraîné une augmentation des déchets.

Outre, ces technologies, la prolifération des déchets est favorisée par le manque d'infrastructures de gestion adéquates. En effet, les services techniques municipaux (SETEMU) en charge de la salubrité publique à Bujumbura ne sont pas suffisamment outillés pour la gestion des déchets.

De même, les initiatives privées intervenues récemment dans ce domaine sont relativement durable suite au problème d'organisation et d'irrégularité d'approvisionnement. La principale raison d'abandon de certaines initiatives privées est le manque d'information sur la capacité de production. En fait, certains entrepreneurs privés se lancent dans le processus sans savoir exactement la quantité et la régularité de la production. Dès lors qu'ils constatent qu'ils travaillent à perte, ils ferment l'entreprise.

Cette situation a entraîné la prolifération des dépotoirs clandestins de déchets à l'intérieur de plusieurs quartiers surtout populaires. Si les aménagements des fosses à ordures dans les parcelles ne sont pas bien faits, ils causent des nuisances à la population.

Mais un problème majeur qui gouverne tous ces problèmes cités ci-haut est le manque d'un cadre légal et des infrastructures de gestion des déchets. La situation d'épuration des eaux usées en place en Marie de Bujumbura n'a pas les moyens requis pour assainir la ville de Bujumbura.

Les autres villes, on n'en parle même pas, elles ne bénéficient même pas de cette petite unité de traitement. Dans ces conditions, demain, c'est bonjour aux diverses maladies liées à l'insalubrité publique. Cependant, le compostage est une technique très bien connue en milieu rural où elle est utilisée en vue d'avoir du compost pour amender les champs agricoles.

### **4. Impacts socio-économiques dus au développement et à la mise en œuvre de la technologie**

- L'accroissement des revenus des ménages en milieu rural ;
- L'accroissement de la production agricole ;
- l'accroissement de l'économie des devises suite à la réduction des importations d'engrais minéraux ;
- l'accroissement de la production piscicole et halieutique ;

–la promotion du tourisme.

## **5.Impacts environnementaux dus au développement et à la mise en œuvre de la technologie**

- La réduction de l'insalubrité publique et amélioration de l'hygiène et de la propreté ;
- Réduction de la dégradation de l'environnement ;
- Réduction de la pollution et des émissions de GES ;
- L'amélioration de la protection des écosystèmes et de la biodiversité ;
- L'amélioration du cadre de vie ;
- La contribution à l'amélioration de la structure du sol et ainsi atténuer l'érosion.

## **6.Potentiel de réduction des émissions de gaz à effet de serre présenté par la technologie**

Le compostage permet d'éviter les émissions du méthane, un gaz à pouvoir de réchauffement global plus élevé que celui du gaz carbonique. En effet, la méthodologie souhaitée permettra de créer des conditions défavorables à la formation du méthane.

En outre l'utilisation du compost qui résultera de cette technologie permettra de remplacer progressivement les engrais minéraux. Ceci aura pour conséquence la réduction de 98% des émissions du secteur de l'agriculture.

## **7.Coût à affecter à cette technologie**

Les principaux éléments du coût sont frais de sensibilisation et d'encadrement de la population ainsi les frais de formation et de subsistance des techniciens encadreur.

## **Fiche n°3. Optimisation des capacités des briquettes de biomasses à des fins énergétiques**

### **1.Introduction**

Au moment où le bois et le charbon de bois deviennent de plus en plus chers<sup>9</sup> pour les ménages urbains principalement suite à la demande croissante en ces produits et la diminution progressive de la production forestière, la valorisation des déchets de biomasse constituerait une meilleure alternative pour substituer ces combustibles.

Cette initiative est cohérente avec les priorités du Gouvernement dans la mesure où il vise à encourager le secteur privé à investir dans le secteur énergétique. En effet, outre la contribution à la résolution des problèmes liés à l'insuffisance énergétique, la valorisation des déchets de biomasse constitue à la fois une source d'emploi et un moyen pour améliorer la salubrité publique, limiter la dégradation de l'environnement et les émissions de gaz à effet de serre.

Le choix de cette technologie a été principalement motivé par le souci de vouloir trouver une alternative au charbon de bois afin d'éviter la carbonisation qui génère une grande quantité d'émission de CO<sub>2</sub> liée à une très grande consommation du bois suite au très faible rendement à la transformation et une dégradation forestière consécutive très forte.

### **2.Définition et description des procédures techniques de la technologie**

La fabrication des briquettes se déroulent en 7 étapes suivantes :

- 1.collecte des principaux éléments constitutifs d'une briquette de biomasse (des résidus de charbon de bois, de la farine de féculent, de l'argile, etc)
- 2.tamissage des résidus du charbon de bois à 5mm ;

---

<sup>9</sup> Plus de 12% budget journalier familial

3. broyage des résidus du charbon de bois afin de garder les éléments de diamètre inférieur à 5mm ;
4. préparation du liant (bouillie de rebus de la farine de féculent) ;
5. préparation de la pâte : résidus de charbon+ de farine+ eau
6. densification avec presse à levier ou à vis
7. séchage et stockage

### 3. Etat des lieux

L'initiative sur la fabrication des briquettes de biomasse est entreprise par le projet ONATOUR en 1988, période à la quelle on craignit la crise énergétique ; les approvisionnements en charbon de bois ne pouvaient plus contenir la demande.

A la même époque, une autre initiative pour la fabrication de pellets de biomasse par la société « SAVONOR/MAKALA INDUSTRIEL » a vu le jour.

En 2016, il existe beaucoup d'entreprises privées investies dans la fabrication des briquettes de biomasses. Il s'agit notamment du projet « Assainissement, développement socio-économique pour le pavage HIMO », Burundi Cooking Stoves (BCS), etc. Ces entreprises fonctionnent tant bien que mal. Elles affirment qu'elles réalisent des bénéfices. Mais Toutefois, dans leurs rapports d'activités, elles signalent une irrégularité dans l'approvisionnement de la matière première et la disponibilité du marché pour le produit le plus valu.



Figure19. Four à carbonisation des briquettes de la biomasse

Sourcee : CTB Burundi, 2013

#### **4.Impacts socio-économiques**

- Création d'emplois ;
- Réduction des dépenses liées à l'usage des combustibles chers ;
- l'accroissement de la production piscicole et halieutique suite à l'assainissement des lieux;
- la promotion du tourisme suite à l'hygiène et la salubrité des lieux ;
- amélioration des revenus des ménages.

#### **5.Impacts environnementaux**

- La réduction de l'insalubrité publique et amélioration de l'hygiène et de la propreté ;
- Réduction de la dégradation de l'environnement et des forets;
- Reduction de la déforestation ;
- Réduction de la pollution et des émissions de GES ;
- L'amélioration de la protection des écosystèmes et de la biodiversité ;
- L'amélioration du cadre de vie.

#### **6.Potentiel de réduction des émissions de gaz à effet de serre présenté par la technologie**

Comme le compostage, la fabrication des briquettes de biomasse permet d'éviter les émissions du méthane, un gaz à pouvoir de réchauffement plus élevé que celui du gaz carbonique le plus important en termes de quantité. En effet, compte tenu de la forte demande en énergie, il n'y aura pas suffisamment de temps d'entreposage ou de stockage des déchets pour qu'il y ait production du gaz méthane. Mais le gaz carbonique sera toujours dégagé dans la mesure où il n'y a aucune disposition dans le processus de fabrication des briquettes de biomasse empêchant son dégagement.

#### **7.Coût à affecter à cette technologie**

Les principaux éléments du coût sont des frais de sensibilisation et d'encadrement de la population ainsi les frais de formation et de subsistance des techniciens encadreurs.

### **Fiche n°4. Incinération des déchets biomédicaux pour la production d'électricité**

#### **1.Introduction**

Comme dans les autres secteurs, il y a des potentialités de production de déchet et éventuellement d'émission de gaz à effet de serre dans le secteur de santé. Selon la SCNCC, la gestion de ces émissions passe par l'élimination des déchets nocifs de manière à les mettre hors état de nuire à l'homme et à l'environnement. Cette action requiert beaucoup de moyens d'investissement dont l'achat d'un incinérateur. Compte tenu des besoins croissants en énergie, il conviendrait de mener une étude dans ce domaine afin de concevoir un système de valorisation énergétique des produits de l'incinération.

#### **2.Définition et fonctionnement**

##### **❖Définition**

L'incinération est une technique qui consiste à détruire les déchets en les soumettant à des hautes températures (800 à 1100°C) en vue de protéger l'environnement. Cette technologie oblige le recours aux équipements sophistiqués avec des coups élevés. Elle est conseillée dans les formations sanitaires pour assurer la destruction des déchets dangereux contaminés et susceptibles de transmission des maladies.

## ❖ Fonctionnement

Les moyens nécessaires comprennent une source d'énergie, un four (incinérateur) muni généralement d'une cheminée pour évacuer la fumée, un moteur pour la production d'énergie et un alternateur pour la transformation de l'énergie électrique en chaleur. Le principe général de fonctionnement consiste à actionner le moteur et l'alternateur pour la production de l'énergie thermique qui sera à brûler les déchets bien enfermés dans l'incinérateur.

### 3. Etat des lieux

Au Burundi, tous les principaux hôpitaux disposent d'un incinérateur pour l'incinération des déchets biomédicaux. Mais, seul le centre de transfusion sanguine dispose d'un incinérateur avec cheminée. Certains services vétérinaires disposent aussi des incinérateurs pour le brûlage des déchets animaux et biomédicaux. Certains produits issus de cette opération sont utilisés comme aliments du petit bétail. Pour le secteur santé, le modèle d'incinérateur disponible au Burundi est représenté par la figure n° 20. Ce modèle comprend 4 éléments principaux à savoir l'incinérateur (dispositif coloré en rouge), le moteur diesel (grand bloc en bas de la figure), l'alternateur situé à gauche du premier, une boîte de commande (haut gauche) et une manivelle pour ouvrir et fermer l'incinérateur (haut à gauche) ainsi que des câbles pour l'alimentation en carburant et en électricité.



**Figure 20. Incinérateur à déchets biomédicaux**

### 4. Impacts socio-économiques

La fumée de l'incinération peut être convertie en énergie électrique. Cette dernière, outre la compensation des frais liés aux investissements pour l'incinération, elle appuiera des activités génératrices des revenus. Les résidus ou les cendres serviraient à l'alimentation des animaux. Ainsi les dépenses liées à l'importation des aliments du bétail seront réduites avec en peu d'économie de devises.

### 5. Impacts environnementaux

L'incinération prévient l'insalubrité publique et partant contribue à la réduction des maladies liées à l'insalubrité. Elle prévient également les émissions de gaz à effet de serre.

## **6.Potentiel de réduction d'émission de gaz à effet de serre**

L'incinération constitue une mesure préventive de la prolifération des déchets source de maladies et d'émission de gaz à effet de serre

## **7.Coût**

Le coût d'un incinérateur est de l'ordre de 30 à 50 000 000 millions de Francs Burundais. Soit un peu près 22 000 dollars.

## **Fiche n°5. Recyclage des déchets plastiques**

### **1.Introduction**

Avec le développement de la technologie, la tendance est de produire des objets légers avec des dimensions souvent miniaturisées surtout les objets d'emballage. Dans ce cas la plupart des objets en verre ou en métal ont été remplacés par des objets en plastiques. Or, les objets en plastiques ne sont pas biodégradables. Après la consommation du produit qu'elle contenait, l'emballage devient déchet. Si jetée dans la nature, elle est aussitôt emportée par le vent jusque où l'on ne sait pas et devient déchet difficile à gérer.

Comme la nature ne peut pas recycler ces déchets, ils deviennent alors encombrants et gênants ; il est difficile de s'en débarrasser. Parallèlement, le coût de la matière première pour fabriquer ces objets continue à augmenter. Ce qui fait que le coût d'un nouvel objet plastique devient encore plus cher. C'est dans le but de faire face à cette situation que la mise en place d'un système de récupération, de recyclage et de réutilisation des déchets plastiques s'avère indispensable.

### **2.Définition et fonctionnement**

Le recyclage consiste à collecter les déchets et à les introduire dans le cycle de production.

### **3.Etat des lieux au Burundi**

C'est probablement vers les années 80 que l'usage des sachets en plastiques s'est amplifié et généralisé d'abord à Bujumbura et ensuite, il a envahi les centres urbains de l'intérieur du Pays jusque dans les villages actuellement. L'usage des bouteilles en plastiques été amplifié par la création des usines de traitement de l'eau d'alimentation.

Une fois après utilisation, si ces emballages en plastiques sont jetés dans la nature ou dans des sites de décharge, elles constituent un facteur très important pour constituer un obstacle ou un barrage au déplacement des matériaux érodés. Elles constituent de ce fait, une source de pollution physique. En effet, elles encombrant notamment les lieux de décharge des dépôts solides et ou bouchent les canaux d'évacuation des eaux usées et de pluie. Ainsi, elles favorisent la stagnation des eaux qu'elles soient de ruissèlement ou des canaux d'évacuation des eaux usées d'où l'accroissement de la production du méthane.

Dans le cadre de la gestion des déchets, on fait souvent usage de feu. Si ces emballages font partie des matériaux à brûler, elles asphyxient les gens ; leur fumée dégage une odeur très nauséabonde et asphyxiante. Cette situation est aussi et souvent constatée dans le domaine de la cuisson, les cuisiniers utilisent souvent les sachets plastiques pour amorcer le brûlage du charbon de bois.

Concernant la technologie « RRR », il existe des initiatives privées selon lesquelles, les déchets plastiques sont collectés, traités pour la fabrication de nouveaux emballages. La principale entreprise

qui recycle les déchets plastiques est dénommée « AKSHAR KRUPA », société anonyme. Les principales activités sont la collecte, le nettoyage, le broyage, la fusion, le coulage, la solidification, le découpage avec un peu de matière première afin de donner de renforcer la consistance au produit de recyclage.

Pour cela , l'entreprise dispose de trois machines principales à savoir la broyeuse, la fondeuse ou la chaudière qui donne en même temps la forme allongée au produit de fusion, la découpeuse et enfin la mélangeuse. Les moyens utilisés pour faire fonctionner ces machines sont l'électricité et l'huile de graissage des machines (voir images)



Figure21. Machine broyeuse et pour filature des plastiques fondus



Machine fondeuse ou la chaudière



Figure. Filateuse



Figure22. Machine mélangeuse

## 1.Impacts socio-économiques

La RRR Constitue une source d'activités génératrices de revenus. Elle dispose de grandes potentialités de création d'emploi. Les conséquences de la disponibilité d'emploi entraine la création des richesses à travers notamment par l'accroissement des revenus des ménages d'abord œuvrant dans des entreprises ou organisations établis dans le cadre de la RRR. La RRR permettra d'alléger les charges financières imputées à la régie SETEMU en ce qui concerne la collète des déchets. Elle permettra également d'économiser un peu de devises notamment par la réduction des importations des emballages en plastiques

## 2.Impacts environnementaux

Les impacts environnementaux peuvent se résumer en amélioration de la salubrité publique et à l'évitement des émissions de GES notamment par l'interdiction du brûlage et du tassement des déchets plastiques.

### **3.Potentiel de réduction d'émission de gaz à effet de serre**

A travers le ramassage et le traitement des déchets plastiques, cette technologie contribue déjà à la prévention de la production des gaz à effet de serre. Elle constitue une mesure de lutte contre le brûlage et l'entassement des déchets en plastiques sources d'émission de GES.

### **4.Coût**

Le Coût d'investissement est estimé à trois milliards de francs Burundais

## **Fiche n°6. Recyclage des déchets organiques industriels**

### **1.Introduction**

Selon la matière et les performances technologiques utilisées pour la production d'un bien, la nature et la quantité de déchets produits varie d'une industrie à une autre. Pour les mêmes performances technologiques, la quantité de déchets est proportionnelle à la quantité des produits utilisés pour la fabrication d'un produit.

Plus les déchets deviennent nombreux et lourds, plus leur gestion devient difficile. S'ils sont jetés dans la nature sans traitement préalable, ils présentent un danger public. Il conviendrait donc que les industries prennent des précautions pour éviter des éventuels risques liés aux déchets générés par leurs activités respectives.

### **2.Etat des lieux au Burundi**

Concernant la gestion des déchets solides et liquides, le Burundi dispose respectivement d'une seule décharge contrôlée et d'une seule station d'épuration des eaux usées toutes implantées dans Bujumbura Mairie en commune de Buterere. La capacité de la décharge est insuffisante par rapport au volume des déchets qu'il faudrait stocker. Tandis que la station d'épuration reste sous exploitée, car le volume des eaux reçues et traitées restent en deçà de sa capacité. En effet, la BRARUDI et l'AFRITEX sont les seules entreprises connectées à la station. Tandis que le taux de raccordement des ménages au réseau d'égouts public est encore faible.

Quant au reste des entreprises, la plupart procèdent au prétraitement de leurs effluents avant de les jeter dans les cours d'eau ou dans le lac. D'autres déversent directement leurs effluents respectifs dans les cours d'eau sans traitement préalables.

### **1.Impacts socio-économiques**

(i) Avec les performances escomptées de la nouvelle technologie, il y a économie des devises suite à la réduction d'importation des médicaments et d'autres produits pharmaceutiques utilisés avant pour soigner les maladies ou des anomalies éventuelles liées à l'insalubrité ; (ii) réduction des frais de traitement des eaux du lac Tanganyika d'où limitation de la hausse de la facture de consommation d'eau ; (iii) l'amélioration de la propreté des lieux constitue un des facteurs d'attraction des touristes et du trafic qui vont payer les taxes. Ainsi les recettes de l'état vont augmenter ; (iv) l'amélioration de la production halieutique. D'où accroissement des revenus aux pêcheurs et des recettes à l'état.

### **2.Impacts environnementaux**

l'amélioration de la salubrité publique permet l'évitement ; (ii) de la pollution de l'environnement et du lac en particulier ; (iii) des émissions de GES et certaines maladies corolaires à l'insalubrité

publique ; (iv) de la dégradation de la biodiversité ; (v) des maladies corollaires à l'insalubrité du milieu.

### **3. Potentiel de réduction d'émission de GES**

La technologie est susceptible de contribuer à la réduction des émissions liées aux déchets

**4. Coût:** le coût est variable selon le produit désiré, la quantité à recycler

## **Fiche n°7. Récupération du méthane à partir des décharges contrôlées**

### **1. Introduction**

La récupération du méthane est une des alternatives à l'hydroélectricité pour la production d'énergie électrique. Cette technologie est déjà appliquée dans bon nombre de pays européens. Elle permet à la fois de limiter les émissions du méthane et d'accroître la production électrique. Il serait alors intéressant de généraliser ses applications dans les pays en voie de développement à la fois afin de réduire le déficit énergétique et les émissions de gaz à effet de serre.

### **2. Définition et fonctionnement**

#### **❖ Définition**

Par mot « récupérer », il entendre « retrouver ». Dans le cas d'espèce, il s'agit de la valorisation du produit naturel longtemps laissé s'échapper dans la nature où y posait des problèmes alors qu'il est utile notamment dans le domaine de l'énergie. La technologie consiste donc à concevoir un système permettant de capter et de valoriser le méthane produit dans les décharges tout en contribuant à la sauvegarde de l'environnement.

#### **❖ Fonctionnement**

La récupération du méthane à la décharge consiste à installer des dispositifs hautement étanches au dessus des sites de décharges pour le captage et la conversion du gaz produit en une autre forme d'énergie directement utilisable. En effet, une fois le gaz produit est récupéré, il est injecté dans des moteurs ou turbines et produit soit de l'électricité, soit de la chaleur. La figure n° 22 montre un modèle d'installation pour la récupération du méthane à la décharge. Elle montre notamment la connection entre le dispositif de captage et le réseau central de distribution d'électricité.

### **3. Etat des lieux au Burundi**

Cette technologie n'existe pas au Burundi.

### **4. Impacts socio-économiques**

La production d'énergie à partir du méthane aura pour premier effet l'accroissement de la production électrique et partant la croissance économique. Etant donné que l'électricité est à la fois un facteur de développement et un facteur d'appui aux autres secteurs porteurs de croissance pour le développement économique, les résultats attendus sont entre autres :

- la réduction des frais d'importation des produits pétroliers d'où la réalisation d'une économie de devises ;
- La création des activités génératrices de revenus notamment les activités artisanales d'où l'accroissement des revenus des ménages;

La réduction de la facture sur les dépenses des ménages en ce qui concerne les produits pétroliers et le bois énergie



**Figure 23.** Modèles d'installation pour la récupération du méthane à la décharge

–.

### **1. Impacts environnementaux**

Les principaux impacts environnementaux sont :

- La réduction des émissions du méthane ;
- La réduction de la dégradation forestière ;
- La réduction des émissions liées aux produits pétroliers et bois énergie

### **2. Potentiel de réduction d'émission**

Une fois appliqué au Burundi, la technologie de récupération du méthane à la décharge permettrait de réduire les émissions produites à la décharge. C'est-à-dire 0,78 Gg de méthane prévu pour l'année 2020 soit 16,38 Gg ECO<sub>2</sub>.

### **3. Coût**

Les frais pour la construction d'une décharge contrôlée et de son fonctionnement sont estimés à 13 000 000<sup>10</sup> de dollars américains.

## **Fiche n°8. Valorisation des eaux usées à des fins agricoles**

### **1. Introduction**

La faible fertilité des sols associée au manque de fumure organique obligent les agriculteurs à recourir aux engrais minéraux malgré leurs effets néfastes sur l'environnement et ses impacts négatifs

---

<sup>10</sup> SCNCC, 2010

sur les budgets des ménages. Mais parallèlement à cette application, il est constaté des applications des eaux usées comme fertilisants efficaces à peu de frais.

Pour éviter d'éventuels problèmes environnements et des coûts d'intrants trop élevés, il serait intéressant de concevoir un système de valorisation des eaux usées.

## **2. Définition et fonctionnement**

La valorisation consiste à mettre en valeur un produit non exploité ou à rentabiliser davantage un produit sous exploité. Pour le cas des eaux, il s'agit de récupérer et utiliser de l'eau et de matière solide qui auparavant sont des déchets. Le fonctionnement comprend d'abord, l'installation d'un système d'irrigation. Ce système comprend un bac ou citerne pour la retenue d'eau, un système de pompage, le principal tuyau pour le transport d'eau, la tuyauterie secondaire et tertiaire ainsi qu'un accessoire pour la distribution de l'eau. Quant à la fertilisation, il ya nécessité de moyens pour le transport du compost et la connaissance des techniques d'application. Ceci est aussi valable pour l'irrigation.

## **3. Etat des lieux au Burundi**

Au Burundi, les eaux usées sont utilisées pour l'irrigation des cultures dans des cas isolés. Les cas les plus connus sont l'irrigation des plantations installées en amont de certains établissements publics comme les écoles, les hôpitaux, les prisons et les camps militaires. Cependant toutes les plantes ne supportent pas l'irrigation par les eaux usées. Concernant les boues, le constat est qu'elles sont peu valorisées.

La régie des SETEMU dispose d'une station d'épuration des eaux usées. La technique d'épuration consiste à séparer l'eau des éléments solides et gazeux. L'eau épurée est retournée au réseau naturel d'écoulement vers le lac Tanganyika. Tandis que la boue retirée des eaux usées est rejetée alors qu'elle pourrait servir à la fertilisation des cultures et ainsi contribuer à l'accroissement de la production agricole.

## **4. Impacts socio-économiques**

Les principaux impacts attendus de la valorisation de la boue des eaux usées sont :

- L'accroissement des recettes suite à la vente de la boue ;
- L'accroissement des revenus du à la vente des productions agricoles;
- L'économie des devises suite à la réduction des importations des engrais minéraux ;
- L'accroissement du montant des taxes sur la vente des produits ;
- L'irrigation par les eaux usées permet de cultiver toutes les saisons et ainsi contribue à la lutte contre l'insécurité alimentaire d'où l'économie de devises par la réduction des frais liées à l'importation des vivres pour secourir les populations affectées par la famine.

## **5. Impacts environnementaux**

Les principaux impacts environnementaux sont:

- La réduction des émissions de GES liées à l'utilisation des engrais minéraux ;
- La contribution à l'amélioration de la salubrité publique par épandage de la boue ;

## **6. Potentiel de réduction d'émission de GES**

Si toutes les eaux usées épurées sont valorisées, les émissions réduites sont égales aux émissions évitées ou potentielles.

## **1.Coût**

Les principaux facteurs variables du coût sont la quantité utilisée et la distance à parcourir. La quantité étant fonction de la superficie à irriguer ou fertiliser.

## **Fiche n°9. Recyclage des déchets industriels métalliques**

### **1.Introduction**

La production du matériel ou d'un bien qu'elle soit artisanale ou industrielle génère toujours des déchets ; le rendement à la transformation qu'elle soit industrielle ou artisanale n'est jamais égal à 100%, car les technologies ne sont jamais performantes à 100%. Les déchets peuvent aussi provenir de l'usure due à l'utilisation du matériel.

Les faibles performances technologiques associées à la demande croissante des biens matériels constituent un des principaux facteurs favorables à l'accroissement des déchets. Ainsi avec le temps, le volume des déchets devient très important à tel point que l'espace disponible s'avère insuffisant pour contenir le volume de déchets déjà produits et attendus compte tenu de la planification des productions industrielles.

Les principales conséquences visibles de cette situation sont l'insalubrité publique entraînant toutes les formes de pollution avec tout ce que cela comporte comme la dégradation de l'environnement et du cadre de vie.

Par ailleurs suite à l'insuffisance énergétique et la rareté de la matière première, le coût de production ou de transformation d'un bien ou produit continue à augmenter. Alors pour concilier le développement économique et la préservation du cadre de vie, il conviendrait de concevoir un système permettant à la fois l'économie d'énergie et le développement durable. C'est dans ce cadre que le recyclage des déchets solides est proposé.

### **2. Définition et processus**

#### **❖Définition**

Le recyclage consiste à soumettre les déchets à un procédé de transformation afin d'en tirer un nouveau produit.

#### **❖Processus**

Le processus comprend la collecte, le triage, le nettoyage, le broyage ainsi d'autres procédés physico-chimiques. Les moyens de base nécessaires sont une source d'alimentation en énergie, un moteur pour la transformation de l'énergie disponible en énergie utilisable.

### **3.Etat des lieux au Burundi**

Au Burundi, il existe une entreprise de production des fers à béton par le recyclage des déchets métalliques. Cette entreprise qui fonctionne, il y a au moins trois ans, s'appelle IRON & STEEL. Les équipements comprennent cinq fourneaux dont deux seulement sont fonctionnels aujourd'hui, un moteur mécanique et un moteur automatique pour la conversion de l'énergie électrique en énergie thermique. Cette usine dispose aussi de trois moteurs diesel servant respectivement au graissage et au dimensionnement des tubes métalliques.

Le processus se déroule en 5 phases à savoir la première (collecte, le triage, le pesage et le transport et dépôt à l'usine). La deuxième étape consiste à faire fondre les déchets métalliques dans un fourneau. La troisième étape comprend la récupération de la fonte du fourneau pour la faire couler dans des



formats de dimensions standards pour qu'elle prenne la forme d'une barre de fer allongée. La quatrième étape

comprend l'étirement en longueur des barres obtenues à la troisième phase afin de les allonger plus. A ce niveau intervient une autre série de machines et moteurs.



**Figure 24.** Fourneau en activité pour fondre le métal

**Figure25.** Une chaîne de fourneaux reliée à la cheminée qui donne à l'extérieur afin d'éviter d'en fumer les travailleurs



**Figure 26.** Cheminée et barres de fer sortis des formats.

#### 4.Impacts socio-économiques

Les impacts économiques du recyclage des déchets métalliques sont notamment la croissance économique liée notamment à l'économie de devises suite à la réduction des importations des métaux. La contribution à la croissance économique provient aussi des recettes fiscales. Concernant le social, l'entreprise locale contribue constitue un avantage pour la population ; elle est une opportunité pour l'offre d'emploi et de réduction des dépenses aux ménages utilisant ces matériaux.

#### 5.Impacts environnementaux

Le recyclage des déchets permet de réduire la pollution du milieu liée surtout à l'entassement de ces derniers. Il permet également la limitation de la dégradation des forêts en substituant certains produits du bois notamment dans le domaine de la construction notamment les charpentes, les poteaux, les échafauds, portes, fenêtre, etc.

#### 6.Potentiel de réduction des émissions de GES

Si l'entreprise de production des objets métalliques était développée au Burundi, elle contribuerait à la réduction de l'émission liée à l'utilisation du bois. Si par substitution du bois de construction par du métal, elle parvenait à réduire de moitié par exemple la consommation du bois d'œuvre (0.04 m<sup>3</sup>/hab/an) et de service(.075m<sup>3</sup>/hab/an) estimée à 0.115 m<sup>3</sup>/hab/an pour une population estimée à 9 000 000 d'habitants, on aura évité une émission près de 778 Gigagrammes de CO<sub>2</sub>.par an

#### 7.Coût

Le coût des équipements avoisinent sept milliards (7 000 000 000 FBU) soit 3,5 s millions de dollars américains. Le coût de l'énergie est estimé à plus ou moins six cent millions de francs Burundais par an (600 000 000FBU) soit trois cent mille dollars américains par an.

## **Fiche n°10. Epuration des eaux usées par lagunage**

### **1. Introduction**

Alors qu'elles deviennent de plus en plus des ressources valorisables à des fins diverses dans la plupart des pays, au Burundi, les eaux usées sont encore des déchets à jeter plus loin car elles menacent l'homme, les écosystèmes et l'environnement. Les menaces sont plus graves dans la ville de Bujumbura à cause d'une grande concentration de la population et des activités économiques variées dont les industrielles.

Ces menaces sont d'autant plus redoutables qu'elles affectent le lac Tanganyika, un écosystème d'intérêt mondial (INECN, 2013). C'est l'écosystème le plus important aussi bien sur le plan économique qu'écologique. En effet, outre la faune aquatique, ce lac fournit plus 75% de l'eau potable pour les habitants de Bujumbura (NDAYIRUKIYE, 1991). C'est aussi un des plus grands lacs de la région propice à la navigation et au tourisme (CSLPPII, 2012)

L'absence des mesures effectives de protection de ce lac peut entre autres entraîner, la dégradation de l'environnement, la disparition irréversible de certaines espèces végétales et animales, la chute de l'économie nationale et la dégradation du cadre de vie. C'est pourquoi, il importe de proposer une technologie de traitement des eaux usées en vue de contribuer à l'amélioration de l'assainissement de la ville de Bujumbura et à la réduction des émissions de gaz à effet de serre.

### **2. Définition et description des procédures et techniques de la technologie**

#### **• Définitions**

–Le terme « eaux usées » désigne toutes les eaux usées provenant des ménages, des collectivités, des entreprises commerciales et industrielles. Ces eaux sont polluées et peuvent donc d'une part contaminer les cours d'eau et les lacs et contribuer à l'accroissement des émissions du méthane ( $\text{CH}_4$ ) et de l'hémioxyde d'azote ( $\text{N}_2\text{O}$ ).

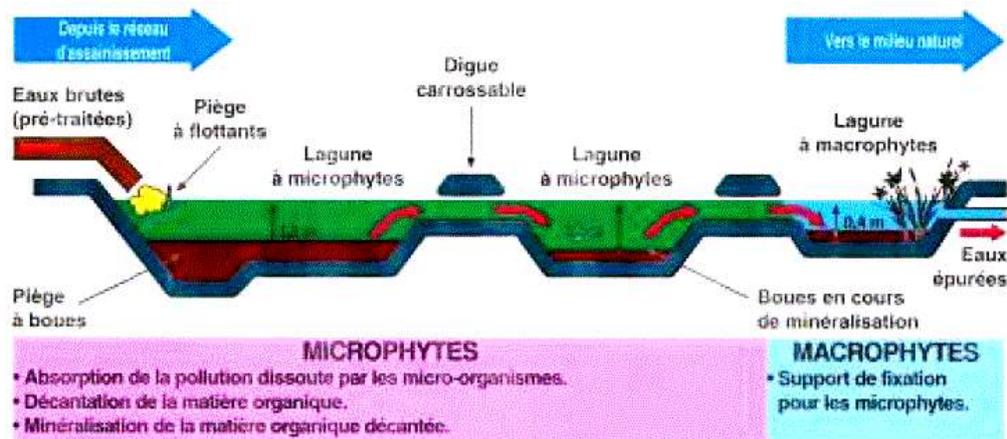
–Le lagunage est un procédé naturel d'épuration des eaux usées permettant de séparer les éléments solides des éléments liquides par sédimentation et d'épurer biologiquement les eaux usées par action des bactéries.

#### **• description des procédures et techniques de la technologie**

Le système d'épuration comprend en général 3 bassins dont un bassin de réception appelé aussi bassin anaérobie, un bassin facultatif et un bassin de maturation. Le bassin anaérobie est connecté au réseau des canaux d'évacuation des eaux usées à partir des lieux de production de ces dernières.

Par phénomène physique « décantation », les éléments lourds dont la boue s'accumulent au fond du premier bassin. Tandis que la partie organique des eaux usées, dégradée par les bactéries, elle libère des éléments nutritifs.

Dans le second bassin, les eaux usées sont en présence des sels minéraux, lumière et  $\text{CO}_2$ . Cette situation constitue un milieu favorable au développement du phytoplancton, qui à son tour produit de l'oxygène. Au niveau du troisième bassin, il y a développement du zooplancton qui se nourrit du phytoplancton et des bactéries produits dans le second bassin.



### 3. Etat des lieux de la technologie

Le Burundi dispose d'une station d'épuration des eaux usées dans la marie de Bujumbura

#### ❖ Historique de la station d'épuration

La ville de Bujumbura est localisée dans la région naturelle de l'Imbo à moins de 1000 m d'altitude et aux abords du lac Tanganika. Elle est située en aval des collines à très forte pente de la région du Mumirwa, la région la plus exposée aux risques d'érosion hydraulique.

Cette ville a été créée par les colons Allemands vers 1897 et s'est lentement développée jusqu'en 1940 date à laquelle commence le développement des industries. Les premiers travaux d'assainissement remontent des années de 1918, date à laquelle la population ne comptait que 3 000 habitants. Ces travaux comprenaient entre autres le drainage des eaux d'inondation, le traçage des routes et la plantation des arbres ainsi que l'aménagement et la protection des espaces verts. Avec l'accroissement de la population et les activités économiques, les problèmes d'assainissement se sont multipliés. Toutes les eaux de ruissèlement et les eaux usées d'origine domestique, commerciale ou industrielle terminent leurs courses au lac Tanganyika.

Dans le but de faire à ce problème, le Gouvernement du Burundi a mis en place par décret n° 100/162 du 12 juillet 1983, une institution chargée des travaux municipaux appelé, régie des Services Techniques Municipaux, « SETEMU » en sigle. Elle a entre autres pour missions le ramassage des immondices, l'entretien de la voirie, l'aménagement des rivières qui traversent la ville de Bujumbura et d'un réseau collectif d'assainissement pour évacuer les eaux de ruissèlement et les eaux usées ainsi que l'entretien et la construction des bâtiments municipaux.

Plus tard en mars 1990, dans le cadre du projet « Plan de collecte des déchets de toilette dans la mairie de Bujumbura », il fit mit en place un système de collecte et de traitement des eaux usées comprenant une station d'épuration des eaux usées située au nord du lac Tanganyika dans la commune de Buterere. Cette station est fonctionnelle depuis 1993. Sa gestion est remise à la SETEMU en 2000 par GkW.

#### ❖ Capacités de la station d'épuration

	Capacité nominale	Capacité réalisée
Charge hydraulique	60 000 m <sup>3</sup> /j	40 000 m <sup>3</sup> /j
Charge organique (DBO5)	14 733 kg/j	9 822 kg/j
Equivalents habitants (EH) +	368 325 EH	245 550 EH

Il était prévu que tous les quartiers de la ville de Bujumbura soient raccordés à ce système afin d'évacuer les eaux usées soit par gravité soit par pompage.

Pour des ménages qui ne pouvaient pas se connecter au réseau, la réglementation en matière d'urbanisation et d'assainissement les obligent à utiliser le système des fosses septiques normalisées. Dans ce cas, les eaux usées sont acheminées à la station d'épuration par système de vidange et de transport.

Actuellement SETEMU est un établissement à gestion autonome sous tutelle du Ministère de l'Intérieur et de la Mairie de Bujumbura. Actuellement, 4.100 entités dont 3 à 3.5% des ménages sont connectées au réseau d'évacuation des eaux usées (PROSECEAU) et SETEMU gère près de 145 kilomètres du réseau primaire et secondaire.

Les SETEMU gèrent actuellement environ 145 km de réseau d'eaux usées primaire et secondaire et 40 kilomètres du réseau tertiaire. Les plus importantes industries raccordées à ce réseau sont principales des industries agroalimentaires et des usines qui traitent respectivement des peaux d'animaux et du textile. Il s'agit respectivement de la Brasserie du Burundi(BRARUDI), de l'abattoir de Bujumbura (SOGEAB), la tannerie (AFRITAN) et l'usine à textile (AFRITEXTILE).

Concernant les stations de pompage, la SETEMU gère actuellement 4 stations de pompage des eaux usées (SP) qui travaillent en série (SP2 et SP3 vers SP1 vers SP4). La station de pompage n° 4 est située à la station d'épuration(STEP).

#### ❖ Le mode de traitement des eaux usées

Le mode de traitement procède par «lagunage naturel» impliquant un large éventail de microorganismes épuratoires dont les algues et les bactéries.

#### a. structure d'épuration

La structure de traitement des eaux usées comprend des ouvrages de prétraitement dont 2 grilles, 2 dessableurs et 3 bassins de traitement connectés en série et en parallèle.

#### b. Fonctionnement

Réception des camions fosses septiques



**Figure 27 a.** Aire de réception des camions

La première phase du procédé consiste à décanter les eaux usées au moyen de ces ouvrages composées de deux grilles placées en série et 2 canaux dessableurs. Ensuite les eaux usées déchargées de la matière solide et lourde est acheminée vers les bassins de traitement.



**Figure 27.b.1. dégrillages grossiers – 100 mm**



**Figure 27.2 dégrillages moyens – 30 mm**

Le lagunage naturel est réalisé par trois bassins à savoir le bassin anaérobie, le bassin facultatif et le bassin de maturation



**Figure 27.c. dessableurs non-aérés**



**Figure 27.d. 3 vis d'Archimède**



**Figure 27. e. Canal de distribution**

Bassin anaérobie mesure 90 mètres de large, 150 mètres de long et 2 mètres de profondeur. Il permet de réduire de 60% la charge biochimique initiale avec un temps de séjour de 1,36 jours. L'intérêt de placer ce type de bassin en tête de traitement réside dans l'économie importante des surfaces totales requises pour le traitement.



**Figure 27. f.** bassin anaerobie

Bassin facultatif qui est en relation avec l'activité biologique des organismes en milieu aéré ou non est profond. Il mesure 150m de large, 528 m de long et 1.5 m de profondeur. Avec un temps de rétention de 6 jours, il assure une oxydation des matières organiques où l'oxygène est fourni par la photosynthèse des algues et, dans une moindre mesure par échange directe avec la surface. Les processus anaérobiques n'ont lieu que dans la couche inférieure sur une hauteur dépendant de l'activité des algues.



**Figure 27. g.** bassins facultatif

Bassin de maturation termine la chaine de traitement. Il mesure 150 m de large, 731 m de et 1 m de profondeur. Son rôle est très important dans la réduction des germes pathogènes qui se trouvent en grande partie dans les eaux usées. Le temps de rétention est de 5.5 jours.



**Figure 27. h.** bassins de maturation

Seulement 38 % des eaux usées de la ville de BUJUMBURA sont collectés et traités à raison de 40 000 m<sup>3</sup>/j. En effet, le réseau de collecte des eaux usées ne s'est pas étendu de 1990 à aujourd'hui

alors que la population et les activités économiques entraînant l'extension de la ville ne cessent d'accroître.

#### **4.Impacts socio-économiques dus au développement et à la mise en œuvre de la technologie au Burundi**

Une meilleure technologie d'épuration des eaux usées adaptée au contexte actuel devrait permettre d'avoir des eaux non dangereuses pouvant être réinjectées dans le cours d'eau sans causer des dommages. Ainsi cette technologie permettra de garder les eaux de bonne qualité du lac Tanganyika. Ceci aura pour conséquence l'accroissement des recettes financières liées notamment à (i) de la production halieutique ; (ii) le développement du tourisme ; (iii) l'accroissement du trafic maritime ; (iv) l'accroissement de la production agricole grâce à l'utilisation des boues récupérées du processus d'épuration, etc.

#### **5.Impacts environnementaux**

Sur le plan environnemental, les principaux impacts directs de la technologie sont l'amélioration de la salubrité du milieu, la préservation des écosystèmes et de la biodiversité par la réduction des polluants physiques, liquide et gazeux.

#### **6.Potentiel de réduction des émissions de gaz à effet de serre présenté par la technologie**

Le traitement des eaux usées par lagunage permet d'atténuer les émissions liées aux eaux usées dont les principaux sont le gaz méthane ( $CH_4$ ) et l'hémioxyde d'azote ( $N_2O$ ). En effet, la technologie est conçue pour créer des conditions défavorables à la production du méthane et pour oxyder l'hémioxyde d'azote ( $N_2O$ ). Les émissions d'hémioxydes d'azote sont respectivement estimées à 276,20, 318,62 et 364,02 Gg  $ECO_2$  pour les années 2020, 2025 et 2030 (NYENGAYENGE, 2009).

#### **7.Coût à affecter à cette technologie**

Le montant du coût dépendra des frais de conception du modèle de station à mettre en place, des frais de construction et de gestion du système mis en place.

**Annexe2. Ordonnances portant nomination du comité de pilotage**

REPUBLIQUE DU BURUNDI

Bujumbura, le *15...* 2015



MINISTRE DE L'EAU, DE L'ENVIRONNEMENT,  
DE L'AMENAGEMENT DU TERRITOIRE  
ET DE L'URBANISME

CABINET DU MINISTRE

ORDONNANCE MINISTERIELLE N° 770/*1.885*/2015 DU *15...* 2015 PORTANT  
NOMINATION DES MEMBRES DU COMITE TECHNIQUE DU PROJET  
« EVALUATION DES BESOINS TECHNOLOGIQUES » AU BURUNDI, EBT en sigle

LE MINISTRE DE L'EAU, DE L'ENVIRONNEMENT, DE L'AMENAGEMENT DU  
TERRITOIRE ET DE L'URBANISME

Vu la Constitution de la République du Burundi;

Vu la Loi N° 1/100 du 5 Juin 2000 portant Code de l'Environnement du Burundi;

Vue le Décret N° 100/198 du 15 septembre 2014 portant révision du décret N° 100/95  
du 28 Mars 2011 portant organisation, missions et fonctionnement du Ministère de  
l'Eau, de l'Environnement, de l'Aménagement du Territoire et de l'Urbanisme;

Vue la décision N° 4/CP.7 du 21 janvier 2002 portant développement et transfert de  
technologies ;

## ORDONNE

**Article 1 :** Il est créé un *Comité Technique national du projet « Evaluation des Besoins Technologiques, EBT en sigle »*;

**Article 2 :** Le comité technique est chargé notamment de :

- Identifier les priorités nationales de développement et les secteurs prioritaires pour les besoins technologiques ;
- Décider sur la constitution de groupes de travail sectoriels / technologiques ;
- Approuver les techniques et les stratégies d'atténuation et d'adaptation recommandées par les experts sectoriels ;
- Approuver des plans d'action technologiques sectorielles basés sur la politique et les stratégies du changement climatique, et qui seront nécessaires pour éliminer les obstacles et créer un environnement favorable et ;
- Elaborer un plan d'action national transversal en technologie (PAT) pour l'atténuation et l'adaptation ;

**Article 3 :** Sont nommés membres du comité technique national EBT, les personnes suivantes :

1. Madame NDAYISHIMIYE Rénilde, Directeur Général de l'IGEBU et Point Focal national de l'UNFCCC : **Président** ;
2. Monsieur MOHAMED Feruzi, Directeur Général de l'Office Burundais pour la Protection de l'Environnement : **Vice-président** ;
3. Monsieur NINDAMUTSA Astère, Coordonateur du Projet « Evaluation des Besoins Technologiques : **Secrétaire** ;
4. Monsieur NKESHIMANA Adrien ; Directeur de la Planification et Etudes de Projets Electriques: Membre ;
5. Monsieur DODIKO Prosper, Directeur de la Fertilisation et Protection des sols: Membre ;
6. Madame NKUNZIMANA Jeanne Francine, Directeur de l'Assainissement et du Contrôle de la Qualité de l'eau : Membre ;
7. Monsieur BIRIZANYE Serge, Directeur du Développement Industriel: Membre ;
8. Monsieur MASHARABU Tatien, Directeur de la Recherche à l'Université du Burundi : Membre ;
9. Madame NIMPAGARITSE Dévote ; Directeur de la Recherche à l'ISABU: Membre ;
10. Madame TABU Aline ; Directeur des transports intérieurs : Membre ;
11. Monsieur RURANTIJE Aloys, Directeur de l'Hydrométéorologie et Agro météorologie: Membre ;
12. Monsieur MISAGO Léonidas ; Directeur de la Promotion de la Santé, Hygiène et Assainissement: Membre ;
13. Monsieur CIZA SADIKI, Directeur Général des SETEMU: Membre ;
14. Monsieur BIGIRIMANA Rénoval, Directeur a.i de la Planification nationale: Membre ;

15. Madame MACUMI Antoinette ; Cellule en rapport avec les ressources en eau au MEEATU : Membre ;

16. Monsieur NKURIKIYE Anicet ; Président du Partenariat National de l'eau : Membre ;

**Article 4 :** Toutes dispositions antérieures contraire à la présente décision sont abrogées ;

**Article 5 :** La présente décision entre en vigueur le jour de sa signature.

LE MINISTRE DE L'EAU, DE L'ENVIRONNEMENT,  
DE L'AMENAGEMENT DU TERRITOIRE ET DE  
L'URBANISME

Hon. Emmanuel NIYONKURU



REPUBLIQUE DU BURUNDI

Bujumbura, le 21/14 /2015



MINISTRE DE L'EAU, L'ENVIRONNEMENT,  
DE L'AMENAGEMENT DU TERRITOIRE  
ET DE L'URBANISME

CABINET DU MINISTRE

N/Réf : 770/..889.../CAB/2015

To Dr. John Christensen,  
Head of UNEP DTU PARTNERSHIP

at Copenhagen, Denmark

Objet: Nomination of TNA Coordinator  
in Burundi

Dear Sir,

In order to be involved in the preparation of the "Technology needs Assessment (TNA) "project funded by the Global Environment Facility (GEF), we are pleased to announce that Mr. Astère NINDAMUTSA, e-mail: [nindamutsaastere@yahoo.fr](mailto:nindamutsaastere@yahoo.fr), senior Advisor at the Geographic Institute of Burundi (IGEBU) is designated as National TNA Project Coordinator.

In this position he will coordinate all the activities of the Technology Needs Assessment (TNA) project according to the work plan assigned to the project.

Please accept Sir, the assurances of my highest consideration,

Yours sincerely

Minister of Water, Environment,  
Land Management and Urban Planning

Ir. Jean Claude NDUWAYO



COPY TO:

- Ms. Director General of IGEBU and  
UNFCCC Focal Point

at GITEGA

### Annexe3. Liste des parties prenantes

**Tableau n° 27. Liste des experts sectoriels**

Secteur	Nom de l'expert	Adresse
Déchet	Madame NIJIMBERE Alice	+25771325324
	Monsieur MUYUKU Prosper	+25775904364
Energie	Monsieur NKUNZIMANA Joseph	+25777801131, 79211504

**Tableau n°28. Liste des parties prenantes par catégorie**

Secteur public	Secteur privé	Société civile
Ministère de l'Eau, de l'Environnement, de l'Aménagement du Territoire et de l'Urbanisme	Association des artisans fabricants des foyers améliorés + Venant BARINDOGO.Tél : 79849606	Association burundaise pour les études d'Impacts environnementaux (ABEIE) Action Ceinture Verte pour la protection de l'environnement (ACVE)
Ministère des Finances		
Ministère de l'Agriculture et de l'élevage		Faculté d'Agronomie et de Bio ingénierie (FABI)
Ministère de l'Energie et des Mines	MANIRAKIZA Sylvestre. Tél : +25776873169	
	Agence Belge de Développement (CTB) : Avenue Nyabisindu-Ngagara, Q9 Bujumbura-Burundi Sous projet : Gestion et valorisation des déchets Pierric Raulin :Assistant Technique Développement socio-économique Tél :+25771822404, +25779179150 e-mail :pierric@btctb.org BP .6708	La Radio Télévision Nationale (RTNB) La presse écrite
	MINANI Bonaventure Tél : +25775789420	
Ministère du Commerce et d'Industrie	MINANI Bonaventure Tél : +25775789420	
	IRON&STEEL Ngagara Quartier 9  Tél :75888889	
	SAVONOR	

	AKSHAR KRUPA Ngagara Quartier 9 Tél :+25775786108-75367144	
	Burundi Cooking Stoves (BCS) Ngagara Quartier 9	
	Société Biogaz du Burundi : Quartier Asiatique, Avenue SONGA, Bureau n° B7 Immeuble Makelele House BP7440 Tél : (+257)71019319/76649263 Ingénieur Wilbert DUSABE	
	Associations des Opérateurs privés dans le secteur d'assainissement	
Ministère de la Santé Publique et de la lutte contre le SIDA		
Ministère de l'Education Nationale		
Ministère de l'intérieur et de la Formation Patriotique		
Ministère des Transports, Postes et Télécommunication		

Annexe 4. Liste des présences aux ateliers et réunions TNA

Prise de contact -  
LISTE DES PARTICIPANTS A LA REUNION DE LANCEMENT DU PROJET TNA  
BUJUMBURA, Le 17/11/2015 HOTEL LE CHANDELIER

N°	Nom et Prénom	Institution Représentée	Fonction	Provenance	Tel et Email	Signature
1	NBURIKIYE Amice	MEGATV	Co-Juriste	CITEGA	7990709 info@megatv.com amice@megatv.com	
2	KAMEJA Ferdinand	ISABU	Directeur Général	ISABU	79408877 f.kameja@isabu.gov.rw	
3	Alicia NRESHIMANA	MEM	Directeur de l'Identification	Bujumbura	00000072550001 nreshimanaw@yaho.com	
4	MASHARABU Tatiou	U.B.	Directeur de l'Identification	BJM	00000072550001 tatiou_masharabu@ub.gov.rw 277982605	
5	NISIMBERE Alice	SETEMU	Directeur	BJM	nisi.mbere.alice@setemu.gov.rw 277982605	
6	NKUNZIMANA Jeanne Françoise	MEM/UBU	Directeur	BUJA	00000072550001 nkunzimana@yaho.com	
7	BINDIEMAYE Serge	MOTON	Directeur	BUJA	00000072550001 sergebindemaye@yaho.com	
8	NJENGAJENGE Clément	ASESE	Coordonnateur	BUJA	00000072550001 77557444 njengajenge@yaho.com	
9	MUYUKU Prosper	ARSH	CAJ/SAMA	BUJW	00000072550001 muyuku@yaho.com	
10	BIGIRIMANA Roscat	MBGP	Directeur	BUJA	00000072550001 rascatbigirimana@yaho.com	
11	SINREIND Ericite	Consultant	Consultant	GITEGA	77517277 sinreind@yaho.com	
12	Ambroise MARUMU	PELATV	Coordonnateur	BUJA	00000072550001 marumu@yaho.com	
13	RURANTIGE Alroy	TORBU	Directeur	CITEGA	00000072550001 rurantige@yaho.com	

Prise de contact -  
LISTE DES PARTICIPANTS A LA REUNION DE LANCEMENT DU PROJET TNA  
BUJUMBURA, Le 17/11/2015 HOTEL LE CHANDELIER

N°	Nom et Prénom	Institution Représentée	Fonction	Provenance	Tel et Email	Signature
1	NBURIKIYE Amice	MEGATV	Co-Juriste	CITEGA	7990709 info@megatv.com amice@megatv.com	
2	KAMEJA Ferdinand	ISABU	Directeur Général	ISABU	79408877 f.kameja@isabu.gov.rw	
3	Alicia NRESHIMANA	MEM	Directeur de l'Identification	Bujumbura	00000072550001 nreshimanaw@yaho.com	
4	MASHARABU Tatiou	U.B.	Directeur de l'Identification	BJM	00000072550001 tatiou_masharabu@ub.gov.rw 277982605	
5	NISIMBERE Alice	SETEMU	Directeur	BJM	nisi.mbere.alice@setemu.gov.rw 277982605	
6	NKUNZIMANA Jeanne Françoise	MEM/UBU	Directeur	BUJA	00000072550001 nkunzimana@yaho.com	
7	BINDIEMAYE Serge	MOTON	Directeur	BUJA	00000072550001 sergebindemaye@yaho.com	
8	NJENGAJENGE Clément	ASESE	Coordonnateur	BUJA	00000072550001 77557444 njengajenge@yaho.com	
9	MUYUKU Prosper	ARSH	CAJ/SAMA	BUJW	00000072550001 muyuku@yaho.com	
10	BIGIRIMANA Roscat	MBGP	Directeur	BUJA	00000072550001 rascatbigirimana@yaho.com	
11	SINREIND Ericite	Consultant	Consultant	GITEGA	77517277 sinreind@yaho.com	
12	Ambroise MARUMU	PELATV	Coordonnateur	BUJA	00000072550001 marumu@yaho.com	
13	RURANTIGE Alroy	TORBU	Directeur	CITEGA	00000072550001 rurantige@yaho.com	

14	NDAYISHIMYE Rémède	MFP UNFCCC	DG	Gitega	remilend@gmail.com 7990486	
15	NINDAMUTSA Astère	IGERU Coordinatrice	Coordinatrice	GITEGA	nindamutsaastere@yaho.fr	
16	TABU Alina	MSPG	Directeur	Gujumbura	tabu.alina@yaho.fr	
17	DODIKO Prosper	MINASAC	Directeur DEA	Gitega	deprospen2002@yaho.fr	
18	NIJIMBERE N. Filona	IGERU	Coor. TNA	Bujumbura	nijimberen@yaho.fr	
19	POLIS, Alphonse	OOPE	DECC	Gitega	alphonse0@gmail.com	
20						
21						
22						
23						
24						
25						
TOTAL						

LISTE DES PARTICIPANTS A LA REUNION DU GROUPE DE TRAVAIL SÉCTORIEL DU PROJET TNA

BUJUMBURA, Le 24/12/2015 HOTEL LE CHANDELIER

N°	Nom et Prénom	Institution Représentée	Fonction	Provenance	Tel et Email	Signature
1	NDUNZIMANA Joseph	MEP	Conseiller	Buj	79281504 ou 7724131 ndunzimana.joseph@yaho.fr	
2						
3	SINAKINDI Evariste	Consultant	Consultant	Gitega	e-mail: <a href="mailto:sinakindi@yaho.fr">sinakindi@yaho.fr</a>	
4	NJEJIMATYA Joaquin	MINASAC	Conseiller	Buj	79990476 njejimatya.joaquin@yaho.fr	
5	NYENGAJENSE Evariste	Consultant	Consultant	Buj	nyengajense@yaho.fr 79921177	
6	NIJIMBERE ALIO	SETEMU	Chf. de SE	Buj	71325024, 7787000 nijimberenalio@yaho.fr	
7	NDAYISHIMYE Rémède	MFP	pf. UCC	Gitega	remilend@gmail.com	
8	NAYISI Constantine	NYREA	Conseiller	Buj	nayisilac@yaho.fr	
9	NINDAMUTSA Astère	IGERU	Coordinatrice	Gitega	nindamutsaastere@yaho.fr	
10	NDWAGAYIRE Gynnie	MINASAC	Conseiller	Buj	77910787 ndwagayiregynnie@yaho.fr	
11	NIJIMBERE N. Filona	IGERU	Coor.	Buj	nijimberen@yaho.fr 79281504	
12						
13						

LISTE DES PARTICIPANTS A LA SECONDE REUNION DU GROUPE DE TRAVAIL SECTORIEL DU PROJET TNA

BUJUMBURA, Le 11/01/2016 HOTEL LE CHANDELIER

N°	Nom et Prénom	Institution Représentée	Fonction	Provenance	Tel et Email	Signature
1	NJESIMANA Jeanine	MINAGRIE	Conseiller	Bujumbura	79990476	[Signature]
2	NDAYEGAYIRE GITHA	MINAGRIE	Conseiller	Bujumbura	79990476	[Signature]
3	MUYUKU Joseph	MSH/MSH	chef de bureau	Bujumbura	[Signature]	[Signature]
4	NJENGAYENGE	REACTV	chef de bureau	MTA	[Signature]	[Signature]
5	NINDAMUTSA ARIEUX	IGEBU	Coordinateur	GITEGA	[Signature]	[Signature]
6	NWAZIBANA Tony	DGE	Conseiller	Bujumbura	[Signature]	[Signature]
7	MAYISI Constantine	REACTV	Conseiller	Bujumbura	[Signature]	[Signature]
8	NJIMBERE ALIC	SETEMU	chef de bureau	Bujumbura	[Signature]	[Signature]
9	NJIMBERE N. Etienne	IGEBU	Coord.	Bujumbura	[Signature]	[Signature]
10	NDAYISHIMYE Denise	IGEBU	PPN client	Gitega	[Signature]	[Signature]
11						
12						
13						

LISTE DES PARTICIPANTS A LA 1ère REUNION AVEC LES PARTIES PRENANTES DU PROJET TNA

BUJUMBURA, Le 19/04/2016 HOTEL LE CHANDELIER

N°	Nom et Prénom	Institution Représentée	Fonction	Provenance	Tel et Email	Signature
1	RUTANDWA Jacques	DPE GIRE	Coordinateur	Bujumbura	79420095	[Signature]
2	NTUNGUHAYIRE	IGEBU	chef de bureau	Gitega	77724250	[Signature]
3	KANEJA Ferdinand	ISABU	chef de bureau	MTA/ Gitega	79990476	[Signature]
4	M. NANI Bonaventure	ISTENVI	chef de bureau	Bujumbura	79990476	[Signature]
5	NJIMBERE ALIC	SETEMU	chef de bureau	Bujumbura	79990476	[Signature]
6	NDAYEGAYIRE GITHA	MINAGRIE	Expert	Bujumbura	79990476	[Signature]
7	NSAGUYE J. CLAUDE	FEDERATION ASSOCIATION	Technicien	MTA	79990476	[Signature]
8	TURAYIHAYE ARIEUX	CAPEP	Legale	RUMONGE	79990476	[Signature]
9	CISHA HAYO Ernest	CTB-PAYE	Administratif	Bujumbura	79990476	[Signature]
10	NJIMBERE ALIC	SETEMU	chef de bureau	Bujumbura	79990476	[Signature]
11	NJIMBERE ALIC	SETEMU	chef de bureau	Bujumbura	79990476	[Signature]
12	NDAYEGAYIRE GITHA	MINAGRIE	Expert	Bujumbura	79990476	[Signature]
13	NDAYISHIMYE Denise	IGEBU	PPN client	Gitega	79990476	[Signature]

19/4

14	UWIHANA Richard	BCC	chef de bureau pouvoir 08	Bujumbura	79 262 200 / 28 73 13 32 uwihana.richard@gmail.com	
15	SARINBOGO Wenzel	PRIVE	Commissaire subordonné	Bujya	79 879 666 sarinbogo.wenzel@gmail.com	
16	NDIMIRIMANA Gedeon	IGERU	chef de service	Bujya	77 246 825 ndimirimana.gedeon@gmail.com	
17	NDAYIMYIYE Desirée		Présidente Région	Gitega	ndayimyiyed@gmail.com	
18	SINAMUKENYISA Pierre	MINAGRIE	Conseiller	Bujya	sinamukenyisa@gmail.com pierre.sinamukenyisa@gmail.com	
19	KIZUKU Prosper	PRIVE	Président de département	Bujya	79 338 001, p.kizuku@yahoofr	
20	NJETIMANA Jeanine	MINAGRIE	Conseiller	Bujya	njetimana.jeanine@gmail.com 79 990 476	
21	MUNZURWA Jozef	MEM	chef de service	Bujya	munzurwa.jozef@yahoofr	
22	KARIRE Arita	IGERU	cadre	Bujya	karire.arita@yahoofr	
23	HANIRANZA Sylvain	PRIVE	Conseiller	Bujya	sylvain.haniranza@gmail.com	
24	MAISI Constantien	MEM	chef de service	Bujya	maisi.constantien@yahoofr	
25	Dr NGENYAHIGO Léonie	Université de NIGERI	Directeur des études	NGOZI	ngenyahigo@gmail.com	
26	EMERYIMUNYI Balthazar	IGERU	Conseiller GABE	Bujya	emeryimunyi.balthazar@gmail.com	
27	NIJIMBERE A. Philong	IGERU	Cellule	Bujya	nijimberea@gmail.com	
28	NINDAMUNDA Astère	IGERU	Coordonateur GABE	GITESA	nindamunda.astere@gmail.com	
29	BURANTISE Alexs	IGERU	Directeur	GITESA	burantise@yahoofr	

LISTE DES PARTICIPANTS A L'ATELIER DE VALIDATION DU RAPPORT EBT EN ATTENUATION

BUJUMBURA, Le 08/06/2016 HOTEL LE CHANDELIER

N°	Nom et Prénom	Institution Représentée	Fonction	Provenance	Tél et Email	Signature
1	ERIZANYE Serge	MCIT	Directeur	BURJA	erizanye.serge@gmail.com 79 213 092	
2	POLIST Alphonse	OBDE	DECC	GIBYA	alphonse.polist@gmail.com 79 475 477	
3	MAISI Constantien	MEM	chef de service	Bujya	maisi.constantien@yahoofr 77 514 830	
4	CLIZA Fabrice	GITESA/MSR	Conseiller	Bujya	cliza.fabrice@gmail.com 79 206 077	
5	KAMISA Ferdinand	ISABU	chef de service	GIBYA	ferdinand.kamisa@gmail.com 79 448 877	
6	BUKURU Juliette	IGERU	Conseiller	GITESA	bukuru.juliette@gmail.com 79 348 854	
7	MASHARABU Tatien	UB	Directeur des études	BJM	tatien.masharabu@gmail.com 79 987 605	
8	ADJEN NKESHIMANA	MEM	Président Municipal	Bujumbura	nkeshimana.adjen@gmail.com 79 246 825	
9	NIJIMBERE AIG	IGERU	chef de service	Bujya	nijimberea@gmail.com 79 338 001	
10	DODIKU Prosper	MINAGRIE	Directeur	Gitega	79 338 685 dodiku.prosper@gmail.com	
11	NJETIMANA Jeanine	MINAGRIE	Conseiller	Bujya	79 990 476 njetimana.jeanine@gmail.com	

Bujumbura, le 8/06/2016, Hotel le chandelier

12	BWIKIRIMANA Kamukar	MPB GP	Directeur	Buj	79243992	bwikirimana@mpb.gov.rw
13	TABU Aline	Min. Tourisme	Directeur	Buj	79947971	tabu@minitourisme.gov.rw
14	NRUNZIMANA Jeanne Françoise	IGETA	Directeur	Buj	79947971	nrnzimana@igeta.gov.rw
15	MUYUKU Lesly	SPS/HR	chef SPS	Buj	79947971	muyuku@spshr.gov.rw
16	NDAYEGAYE Sylvain	Minagrie	Expert	Buj	79947971	ndayegaye@minagri.gov.rw
17	NIDONZIMA Bonice	IGETA	Conseiller	Buj	79947971	nidonzima@igeta.gov.rw
18	NDAMISHIMYE Rémile	IGETA	Coord. EBT	Gitega	79947971	ndamishimye@igeta.gov.rw
19	Jeanne NUNZIMANA	MEM	chef de	Buj	79947971	nunzimana@mem.gov.rw
20	NYENGAYENGE Jérôme	KEETA TV	Coord. EBT	Buj	79947971	nyengayenge@keeta.gov.rw
21	NINDAKUSA Aline	IGETA	Coord. EBT	Gitega	79947971	nindakusa@igeta.gov.rw
22	NUMBERE H. Florin	IGETA	Coord. EBT	Buj	79947971	number@igeta.gov.rw
23	Samba Fall	IGETA	Chargé de projet	Buj	79947971	samba@igeta.gov.rw
24						
25						
26						
TOTAL						

LISTE DES PARTICIPANTS A LA SEANCE DE RESTITUTION SUR L'ANALYSE DES BARRIERES ET LE CADRE FAVORABLE  
PROJET EBT

BUJUMBURA, Le, 09/06/2016 PACIFIC HOTEL

N°	Nom et Prénom	Institution Représentée	Fonction	Provenance	Tel et Email	Signature
1	NATYI Constantine	MEM/IGETA	Coord. EBT	Buj	79947971	
2	NUMBERE ANG	SPS/HR	chef de	Buj	79947971	
3	NDEJIMANA Jeanine	MINAGRIE	Conseiller	Buj	79947971	
4	NINDAKUSA Aline	IGETA	Coord. EBT	Gitega	79947971	
5	NDAMISHIMYE Rémile	IGETA	Coord. EBT	Gitega	79947971	
6	NYENGAYENGE Jérôme	KEETA TV	chef de	Buj	79947971	
7	Samba Fall	IGETA	Chargé de projet	Buj	79947971	
8	NUMBERE H. Florin	IGETA	Coord. EBT	Buj	79947971	
9						
10						
TOTAL						



## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. Besse. F, Guizol.P, Nogent-sur Marine : CIRAD-CTFT, Etude de la filière bois pour la ville de Bujumbura, 1991, 191P ;
2. BITORIROBE J. Claude et NDAYISHIMIYE Jean Pierre, MEM, les foyers à bois améliorés ZIGANYANKWI, 1991 ;
3. BITORIROBE J. Claude et NDAYISHIMIYE J. Pierre, MEM, gestion rationnelle du bois énergie ,1991 ;
4. Burundi, Cadre Stratégique de Croissance et de Lutte contre la pauvreté, (2012), 216p
5. Burundi, Seconde Communication Nationale sur les Changements Climatiques, (2010), 153p;
6. CH.ADAM + PATENER, MEM, Etude sur la filière charbon de bois au Burundi, août1990, 150p ;
7. DELEPLEIRE, K. KRISHNA, Guide technique des fourneaux à bois, 1991 ;
8. Lignes directrices du GIEC pour les inventaires de gaz à effet de serre-Version révisée 1996, Module 5, 58P ;
9. MEM, élaboration de la Stratégie sectorielle pour le secteur de l'énergie, (2011), 33p ;
10. MEM, Etude diagnostique du secteur de l'Energie au Burundi dans le cadre de l'Initiative du Secrétaire Général des Nations Unies sur l'Energie durable pour tous, juin2013, 55p
11. MEM, Swera, Opportunités dans le secteur des énergies renouvelables au Burundi, (octobre 2012) ,52p ;
12. NDAYIRUKIYE.S et al, Géographie du Burundi, octobre1991, 288p ;
13. NYENGAYENGE D, MEEATU, (2009), Rapport synthèse des études d'atténuation des émissions anthropiques de gaz à effet de serre, 152p.

### Autres sources :

Life Cycle Assessments (LCA), 2014 : <http://www.contrepoints.org> -éoliennes-bilan-carbone