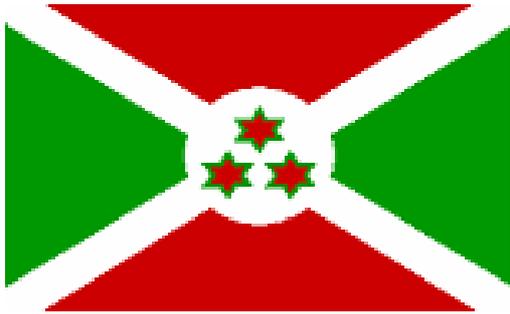


REPUBLIQUE DU BURUNDI



**Ministère de l'Eau, de l'Environnement,
de l'Aménagement du Territoire et de
l'Urbanisme**



**Programme des Nations Unies
pour le Développement – PNUD**

**Projet : « Habilitation du Burundi à formuler la Seconde Communication
Nationale au titre de la Convention Cadre des Nations Unies sur
les Changements Climatiques »**

**ETUDES DE VULNERABILITE ET
D'ADAPTATION AUX CHANGEMENTS
CLIMATIQUES
DOCUMENT DE SYNTHESE**

RAPPORT FINAL

**Réalisée par :
Ir. Salvator SUNZU NTIGAMBIRIZWA,
Expert Chargé de la Planification et Projets
à l'Energie des Grands Lacs (EGL).**

**Sous la Coordination de :
Mme NGENZEBUHORO Emmanuella,
Expert du Projet**

BUJUMBURA, AOUT 2009

SIGLES ET ABREVIATIONS

°C	: Degré CELSIUS ;
ANCR	: Autoévaluation Nationale des Capacités à Renforcer ;
BAD	: Banque Africaine de Développement ;
CCNUCC	: Convention Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques (en anglais UNFCCC) ;
CC	: Changement Climatique ;
CCD	: Convention des Nations Unies sur la Lutte contre la Désertification
CDB	: Convention sur la Diversité Biologique
CEPGL	: Communauté Economique des Pays des Grands Lacs ;
CHE	: Centrale Hydroélectrique ;
CNTA	: Centre National des Technologies Appropriées ;
CSLP	: Cadre Stratégique de Croissance Economique et de Lutte contre la Pauvreté ;
DAR	: Dispositif d'Allocation des Ressources du FEM ;
DGEE	: Direction Général de l'Eau et de l'Energie ;
DGHER	: Direction Générale de l'Hydraulique et des Energies Rurales ;
DPAE	: Direction Provinciale de l'Agriculture et de l'Elevage ;
EGL	: Organisation de la CEPGL pour l'Energie des Pays des Grands Lacs ;
EPISTAT	: Cours d'été organisés par l'Ecole de Santé Publique de l'Université Libre de Bruxelles sur l'épidémiologie et les statistiques.
FAO	: Organisation Mondiale pour l'Agriculture ;
FBU	: Francs Burundais
FEM	: Fonds pour l'Environnement Mondial (en anglais GEF) ;
FMAM	: Février-Mars-Avril-Mai
GIEC	: Groupe Intergouvernemental d'Experts sur l'Evolution du Climat (en anglais IPCC) ;
GPL	: Gaz de Pétrole Liquéfié
GWh	: Gigawatt-heure ;
Hab.	: Habitant ;
IDH	: Indice de Développement Humain ;
IGEBU	: Institut Géographique du Burundi ;
INECN	: Institut National pour l'Environnement et la Conservation de la Nature ;
IRA	: Infections respiratoires aiguës.
ISABU	: Institut des Sciences Agronomiques du Burundi ;
Km ²	: Kilomètre carré ;
kWh	: Kilowatt-heure
LMTc	: Projet de Lutte contre les Maladies Transmissibles et Carencielles
MAGICC	: Model for the Assessment of Greenhouse-gas Induced Climate Change;
MEEATU	: Ministère de l'Eau, de l'Environnement, de l'Aménagement du Territoire et de l'Urbanisme.
MEM	: Ministère de l'Energie et des Mines ;
MDP	: Mécanisme pour le Développement Propre
MINATTE	: Ministère de l'Aménagement du Territoire, du Tourisme et de l'Environnement.
MINAGRI	: Ministère de l'Agriculture et de l'Elevage
MINESUP	: Ministère de l'Enseignement Supérieur.
MININTER	: Ministère de l'Intérieur
MINISANTE	: Ministère de la Santé Publique
MINITPE	: Ministère des Travaux Publics et de l'Equipement ;

MPDR : Ministère de la Planification du Développement et de la Reconstruction ;
MW : Mégawatt
ONATOUR : Office National de la Tourbe
ONUUDI : Organisation des Nations Unies pour le Développement Industriel ;
PANA : Programme d'Actions National d'Adaptation aux Changements Climatiques ;
PMA : Les Pays les Moins Avancés ;
PNUE : Programme des Nations Unies pour l'Environnement
PNUD (UNDP): Programme des Nations Unies pour le Développement
POP : Polluants Organiques Persistants
REGIDESO : Régie Nationale de Production et de Distribution d'Eau et d'Electricité ;
SCENGEN : Regional Climate Scenario Generator
SINELAC : Société Internationale d'Electricité des Grands Lacs
SNEL : Société Nationale d'Electricité de la République Démocratique du Congo ;
SONDJ : Septembre-Octobre-Novembre-Décembre-Janvier

TABLE DES MATIERES

SIGLES ET ABREVIATIONS.....	2
TABLE DES MATIERES.....	4
LISTE DES TABLEAUX.....	7
LISTE DES FIGURES.....	8
LISTE DES GRAPHIQUES.....	9
LISTE DES PHOTOS.....	9
RESUME EXECUTIF DE L'ETUDE.....	11
INTRODUCTION.....	23
0.1.Contexte et justification de l'étude.....	24
0.2.Définition de la vulnérabilité et de l'adaptation.....	26
0.3.Cadre institutionnel du projet.....	27
0.4.Objectifs de l'étude.....	29
0.5.Le contenu de la synthèse de vulnérabilité et d'adaptation.....	29
CHAPITRE 1. INFORMATIONS DE BASE SUR LES SECTEURS CONCERNES.....	30
1.1.Profil du Burundi.....	30
1.1.1.La géographie.....	31
1.1.2.Les zones écoclimatiques.....	32
1.1.3.Les caractéristiques climatiques du Burundi.....	33
1.1.4.L'hydrographie.....	35
1.1.5.La population.....	36
1.1.6.L'économie.....	36
1.2.Descriptions des secteurs concernés par la vulnérabilité et l'adaptation.....	38
1.2.1.Les paramètres du climat.....	38
1.2.2.Les ressources en eau.....	39
1.2.3.Le secteur de l'énergie.....	40
1.2.4.L'agriculture et l'élevage.....	45
1.2.5.Les paysages.....	46
1.2.6.Les écosystèmes humides.....	47
1.2.7.Les écosystèmes terrestres.....	50
1.2.8.Le secteur de la santé.....	53
1.3.Les atouts et contraintes de la vulnérabilité et de l'adaptation.....	54
1.3.1.Les principaux atouts à exploiter.....	54
1.3.2.Les contraintes de l'adaptation.....	55
CHAPITRE 2. ORGANISATION ET METHODOLOGIE DE L'ETUDE.....	57
2.1.Organisation du travail.....	57
2.2.Méthodologie de l'étude.....	58
2.2.1.L'analogie.....	58
2.2.2.Les enquêtes de terrain.....	58
2.2.3.La modélisation.....	59
2.2.4.Le jugement de l'expert.....	59
2.3.Synthèse des méthodes utilisées.....	59
2.4.Les horizons temporels.....	61
2.5.Les besoins en information.....	61

CHAPITRE 3. DEVELOPPEMENT DES DONNEES ET ETABLISSEMENT
DE LA SITUATION DE BASE..... 62

3.1.Introduction.....	62
3.2.La base climatique.....	62
3.2.1.Les précipitations.....	62
3.2.2.Évolution des températures.....	66
3.2.3.Événements climatiques extrêmes.....	68
3.3.Développement de la situation des ressources en eau.....	69
3.3.1.Développement des données.....	70
3.3.2.La vulnérabilité passée et actuelle.....	72
3.4.La situation de base du secteur de l'énergie.....	72
3.4.1.Situation de la production hydroélectrique.....	72
3.4.2.Envasement des centrales hydroélectriques.....	76
3.4.3.Les ressources en bois-énergie.....	77
3.4.4.Analyse de la vulnérabilité passée et actuelle.....	77
3.5.La situation de l'agriculture.....	79
3.5.1.Les indicateurs du secteur.....	79
3.5.2.Vulnérabilité des facteurs agro-écologiques.....	79
3.5.3.Développement des données du secteur agricole.....	80
3.5.4.Impacts actuels observés et actions en cours.....	84
3.6.Secteur de l'élevage.....	85
3.6.1.Développement des données.....	85
3.6.2.Établissement de la situation de base.....	86
3.6.3.Évaluation des impacts et des actions en cours.....	88
3.7.Les paysages.....	89
3.7.1.Analyse des données du paysage.....	89
3.7.2.Développement de la situation de base.....	89
3.7.3.L'érosion hydrique.....	90
3.7.4.La sécheresse dans la dépression de Bugesera.....	94
3.7.5.La description des infrastructures dans les basses terres de l'Imbo.....	95
3.8.Les écosystèmes terrestres.....	96
3.8.1.Développement des données.....	96
3.8.2.Établissement de la situation de base.....	96
3.8.3.Évaluation des impacts et actions en cours.....	98
3.9.Les écosystèmes humides.....	99
3.9.1.Le lac Tanganyika.....	99
3.9.2.Le delta de la Rusizi.....	101
3.9.3.Les marécages de l'Akanyaru et de l'Akagera.....	101
3.9.4.Le marécage de la Malagarazi.....	101
3.10.Le secteur de la santé.....	102
3.10.1.Données générales sur le secteur.....	102
3.10.2.Vulnérabilité passée et actuelle.....	104
3.10.3.Facteurs de vulnérabilité.....	105

CHAPITRE 4. EVOLUTION DES TENDANCES EN ABSENCE ET
EN PRESENCE DES CHANGEMENTS CLIMATIQUES.....106

4.1. Introduction.....	106
4.2. Projection des paramètres climatiques sans et avec changements climatiques.....	106

4.2.1. La pluviométrie.....	106
4.2.2. La température.....	109
4.2.3. Conclusions sur la vulnérabilité des paramètres climatiques.....	111
4.3. Tendances du secteur des ressources en eau.....	112
4.3.1. Présentation de la situation hydrologique sans changements climatiques.....	112
4.3.2. Situation hydrologique en présence des changements climatiques.....	113
4.3.3. Évaluation de la vulnérabilité future des ressources en eau.....	114
4.4. Tendances du secteur de l'énergie.....	115
4.4.1. Traitement des données.....	115
4.4.2. Tendances de la production hydroélectrique.....	115
4.4.3. Evolution de l'envasement des centrales hydroélectriques.....	116
4.4.4. Tendances d'évolution de la superficie des boisements.....	117
4.4.5. Synthèse de la vulnérabilité future.....	117
4.5. Tendances du secteur de l'agriculture.....	118
4.5.1. Traitement des données.....	118
4.5.2. Projections des tendances en absence et présence des CC.....	119
4.5.3. Synthèse de la vulnérabilité future des cultures.....	120
4.6. Tendances du secteur de l'élevage.....	121
4.7. Tendances des écosystèmes humides.....	122
4.7.1. Le lac Tanganyika.....	122
4.7.2. Le delta de la Rusizi.....	123
4.7.3. Les complexes marécageux et lacustres de l'Akanyaru et de l'Akagera.....	123
4.7.4. Le marécage de la Malagarazi.....	124
4.8. Tendances des écosystèmes terrestres.....	124
4.8.1. Scénarios d'évolution.....	124
4.8.2. Comportement des écosystèmes terrestres en absence et en présence des CC.....	125
4.9. Tendances des paysages en absence et en présence des CC.....	126
4.10. Tendances du secteur de la santé.....	127
4.10.1. Évolution du paludisme en absence des changements climatiques.....	128
4.10.2. Évolution du paludisme en présence des changements climatiques.....	128
4.10.3. Évaluation des résultats.....	129
4.11. Impacts actuels et vulnérabilité future due aux CC.....	130
CHAPITRE 5. STRATEGIE NATIONALE D'ADAPTATION ET PLAN D' ACTIONS.....	133
5.1. Introduction.....	133
5.2. Contexte de l'adaptation.....	133
5.3. La justification.....	134
5.4. Buts et objectifs de l'adaptation.....	135
5.4.1. Objectif général de la stratégie.....	136
5.4.2. Objectifs stratégiques.....	136
5.5. Composantes et activités.....	136
5.5.1. Renforcement du cadre institutionnel.....	136
5.5.2. Connaissance et partage de l'information.....	137
5.5.3. Intégration des CC dans la politique nationale.....	138
5.5.4. Elaboration et exécution de mesures spécifiques d'adaptation dans les secteurs les plus vulnérables.....	139
5.6. Cadre logique de la stratégie de l'adaptation.....	141
5.7. Plan d'actions.....	142

5.8. Modalités de mise en œuvre.....	145
5.9. Financement de l'adaptation.....	146
CHAPITRE 6. CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS.....	147.
BIBLIOGRAPHIE.....	150
ANNEXE 1 : Evolution des paramètres climatiques en absence et en présence des changements climatiques.....	154
ANNEXE 2: Problématique de l'adaptation et choix des projets prioritaires	159

LISTE DES TABLEAUX

Tableau N°1 : Répartition de la pluviométrie et de la température en fonction de l'altitude au Burundi	33
Tableau N°2 : Paramètres météorologiques utilisées.....	39
Tableau N°3 : La consommation de la biomasse au Burundi (2006).....	42
Tableau N°4 : Situation forestière du Burundi de 1992 à 1997.....	42
Tableau N°5 : Synthèse des méthodes utilisées dans les études sectorielles.....	60
Tableau N°6 : Résumé de l'évolution pluviométrique.....	66
Tableau N°7 : Synthèse des principaux événements liés à l'eau.....	69
Tableau N°8 : Caractéristiques des Bassins Versant dans les zones d'étude.....	70
Tableau N°9 : Données de base observées à Musasa et à Gihofi.....	70
Tableau N°10 : Données de base observées à Kirundo et à Marangara.....	70
Tableau N°11 : Calcul des précipitations moyennes mensuelles de Rwegura à partir des précipitations moyennes mensuelles à Gisozi.....	73
Tableau N°12 : Débit mensuel de Rwegura (m ² /sec).....	74
Tableau N°13 : Débits mensuels mesurés et calculés à Rwegura.....	75
Tableau N°14 : Variation des périodes de plantation.....	81
Tableau N°15 : Rendements moyens de certaines cultures de production des semences à l'Isabu.....	81
Tableau N°16 : Les effectifs de bétail par région étudiée Exercice 2005.....	85
Tableau N°17 : Les productions animales dans les régions étudiées Exercice 2005.....	86
Tableau N°18 : Réduction des effectifs bovins et caprins en 2000 et en 2004.....	87
Tableau N°19 : Réduction de la production de lait de vache par rapport à l'année précédente.....	88
Tableau N°20 : Évaluation des impacts sur le secteur Élevage.....	89
Tableau N°21 : Paludisme dans les centres de santé des provinces ciblées pour l'étude de 1991 à 2005.....	104
Tableau N°22 : Projection de la pluviométrie (mm) sans et avec changements climatiques à l'an 2050.....	107
Tableau N°23 : Évolution des températures en absence et en présence des changements climatiques.....	110
Tableau N°24 : Variations maximales des précipitations et des températures avec et sans changements climatiques.....	111
Tableau N°25 : Débits moyens annuels (m ³ /sec) et hauteur de pluie (mm).....	112
Tableau N°26 : Évolution des débits du Bassin Versant de Muyovozi avec changements climatiques.....	114
Tableau N°27 : Bassin Versant de Ndurumu à Marangara.....	114

Tableau N°28 : Vulnérabilité du secteur des ressources en eau.....	115
Tableau N°29 : Degré de réponses des cultures avec et sans changements climatiques à l’horizon 2050.....	121
Tableau N°30 : Projection des cas de paludisme dans les provinces ciblées.....	127
Tableau N°31 : Cas de paludisme corrélé avec et sans CC.à RUTANA.....	129
Tableau N°32 : Cas de paludisme corrélé avec et sans CC à KAYANZA.....	129
Tableau N°33 : Cas de paludisme corrélé avec et sans CC à KIRUNDO.....	129
Tableau N°34 : Cas de paludisme corrélé avec et sans CC à MAKAMBA.....	129
Tableau N°35 : Vulnérabilité actuelle et future des secteurs socio-économiques.....	131
Tableau n° 36 : Pluviométrie de Musasa sans et avec CC.....	155
Tableau n° 37 : Pluviométrie de Gisozi sans et avec CC.....	155
Tableau n° 38 : Pluviométrie de Kirundo sans et avec CC.....	156
Tableau n° 39 : Thermométrie de Musasa sans et avec CC.....	156
Tableau n° 40 : Thermométrie de Gisozi sans et avec CC.....	157
Tableau n° 41 : Thermométrie de Kirundo sans et avec CC.....	158
Tableau N°42 : Critères de choix des options prioritaires.....	166
Tableau N°43 : Attributions des scores à chaque option.....	167
Tableau N°44 : Standardisation des scores.....	168
Tableau N°45 : Hiérarchisation des options d’adaptation.....	169
Tableau N°46 : Ordre prioritaire des nouveaux projets d’adaptation.....	170
Tableau N°47 : Liste des projets prioritaires PANA.....	172
Tableau n° 48 : Liste des nouveaux projets.....	173

LISTE DES FIGURES

Figure N°1 : La topographie du Burundi	31
Figure N°2 : Répartition des précipitations moyennes annuelles.....	34
Figure N°3 : Le réseau hydrographique.....	35
Figure N°4 : Production annuelle de la centrale hydroélectrique de Rwegura	44
Figure N°5 : Niveaux altimétriques dans le Delta de la Rusizi (Ntakimazi et al.2000).....	48
Figure N°6 : Le complexe marécageux et lacustre de l’Akanyaru et de l’Akagera (Ntakimazi, 1985).....	49
Figure N°7 : Le complexe marécageux de la Malagarazi au Burunbi (Extrait de la carte du Burundi, IGEBU 1984).....	50
Figure N°8 : Régression entre les précipitations de Gisozi et celles de Rwegura.....	73
Figure N°9 : Précipitations moyennes mensuelles de Rwegura mesurées et calculées.....	74
Figure N°10 : Comparaison des débits calculés et mesurés à Rwegura.....	75
Figure N°11 : Evolution des sédiments annuels de la retenue de Marangara.....	76
Figure N°12 : Evolution de la production de la pomme de terre pour semence à l’ISABU...82	
Figure N°13 : Evolution du rendement de production du blé.....	82
Figure N°14 : Evolution des rendements des haricots.....	83
Figure N°15 : Evolution des rendements de maïs et sorgho.....	83
Figure N°16 : Evolution des rendements du riz.....	83
Figure N°17 : Evolution de la production de régime de Palme.....	84
Figure N°18 : Evolution des effectifs des bovins et caprins dans la région de Bugesera.....	87
Figure N°19 : Evolution de la production laitière dans la région de l’Imbo Centre.....	87
Figure N°20 : Evolution des productions des poissons dans le lac Tanganyika et dans les lacs du Nord (2000-2005).....	89
Figure N°21 : Précipitations et risques d’érosion au Burundi.....	92
Figure N°22 : La sensibilité à la sécheresse.....	95

Figure N°23 : Situation des écosystèmes naturels terrestres de 1974 à 2005.....	98
Figure N°24 : Fluctuations du niveau annuel moyen du lac Tanganyika de 1929 à 1996	101
Figure N°25 : Fluctuations du niveau annuel moyen du lac Tanganyika de 1959 à 1996.....	101
Figure N°26 : Fluctuations du niveau du lac Tanganyika de 1959 à 1967.....	101
Figure N°27 : Variations du niveau de la rivière Musasa (données GEBU).....	103
Figure N°28 : Strates de Paludisme dans les zones endémiques (Source : Projet LMTC)	
Figure N°29 : Projections de précipitations annuelles d'ici 2050.....	104
Figure N°30 (a,b,c,d) : Projections de précipitations mensuelles d'ici 2050 à Gisozi, Kirundo, Musasa et Bujumbura.....	108
Figure N°31 : Evolution des températures moyennes à GISOZI.....	108
Figure N°32 : Situation des débits moyens sans changements climatiques à Gihofi.....	110
Figure N°33 : Evolution des débits à Marangara sans changements climatiques.....	113
Figure N°34 : Evolution des débits de RWEGUZA sans et avec changements climatiques.....	115
Figure N°35 : Evolution de la production de RWEGURA sans et avec C.C.....	116
Figure N°36 : Evolution des dépôts annuels de sédiments dans un barrage d'une centrale Hydroélectrique.....	116
Figure N°37 : Prévision des pertes de boisements avec les changements climatiques.....	117
Figure N°38 : Rendement de la production de pommes de terre sans CC.....	119
Figure n° 39 : Rendement de production de pomme de terre avec CC.....	119
Figure N°40 : Projection des cas de paludisme à l'horizon 2050 sans CC.....	128

LISTE DES GRAPHIQUES.

Graphique N°1 : Evolution du PIB réel en milliards de FBU.....	37
Graphique N°2 : Evolution du revenu par tête d'habitant en \$ US par an	38
Graphique N°3 : Evolution pluviométrique interannuelle Bujumbura.....	63
Graphique N°4 : Evolution pluviométrique interannuelle Musasa.....	63
Graphique N°5 : Evolution pluviométrique interannuelle Kirundo.....	63
Graphique N°6 : Evolution pluviométrique interannuelle Gisozi.....	64
Graphique N°7 : Evolution pluviométrique/Saison A (SONDJ) à Kirundo.....	64
Graphique N°8 : Evolution pluviométrique/Saison B (FMAM) à Kirundo.....	64
Graphique N°9 : Evolution de la température moyenne annuelle à Musasa.....	66
Graphique N°10 : Evolution de la température moyenne annuelle à GISOZI.....	67
Graphique N°11 : Evolution de la température minimale de Gisozi.....	67
Graphique n° 12 : Graphique des pluies tombées à Musasa et les débits reconstitués à Gihofi.....	71
Graphique N°13 : Graphique des pluies mesurées à Kirundo et les débits reconstitués à Marangara.....	71
Graphique N°14 : Evolution des cas de paludismes de 1991 à 2005.....	105

LISTE DES PHOTOS

Photo N°1 : Niveau de la retenue de RWEGURA en 2004	43
Photo N°2 : Niveau de la retenue de RWEGURA en 2007.....	43
Photo N°3 : Niveau de la retenue de RWEGURA en 2008	43
Photo N°4 : Assèchement de la retenue de RWEGURA en 2008	43

Photo N°5 : Dégradation continue de l'étage subalpin de la forêt de Monge, Mont Heha ...	51
Photo N°6 : Défrichements culturels en pleine forêt de Monge.....	52
Photo N°7 : Poste de Mugere, décembre 2007	78
Photo N°8 : Erosion en rigoles sur un versant très pentu dans les MUMIRWA, (oct.2006).	93
Photo N°9 : L'éboulement des berges dans les basses vallées de la Ntakangwa (entre Mutanga-Sud et Mutanga-Nord) mars 2008.....	93
Photo N°10 : La charge des cours d'eau en particules de sols à Kanyosha (mai 2007).....	94
Photo N°11 : Inondation de la palmeraie par la Murembwe au Sud de Rumonge (mai 2007).....	94
Photo N°12 : Importance de l'alluvionnement et de l'attaque des berges dans le lit de la Ntakangwa (février 2008).....	95
Photo N°13 : Effets de sécheresse sur les paysages et sur les cultures en province Kirundo (2006)	96
Photo N°14 : L'éboulement des berges dans la vallée de la Ntakangwa entre Mutanga-Sud et Mutanga-Nord (février 2008).....	96
Photo N°15 : Destruction des maisons riveraines par la Ntakangwa (février 2008).....	97
Photo N°16 : Destruction des infrastructures routières par la Ntakangwa (fév.2008).....	97

RESUME EXECUTIF DE L'ETUDE

1. Introduction

Le Burundi a bénéficié d'un financement du FEM en vue de préparer sa Seconde Communication Nationale au titre de la Convention Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques (CCNUCC) qu'il a ratifiée le 6 avril en 1997. Le projet est exécuté par le Ministère de l'Eau, de l'Environnement, de l'Aménagement du Territoire et de l'Urbanisme.

Après la réalisation des études sectorielles de la vulnérabilité et d'adaptation aux changements climatiques en fin d'année 2008, un rapport de synthèse de ces études a été élaboré dans l'objectif de rassembler les informations fournies par les institutions participantes dans les études sectorielles sur la vulnérabilité à la variabilité et au changement climatique de façon à avoir un document consolidé facile à consulter par les partenaires et qui permette de mobiliser les financements pour la mise en œuvre des projets d'adaptation.

La vulnérabilité d'un système dépend essentiellement de la nature, de l'ampleur et du rythme de la variation du climat et des changements climatiques auxquels il est exposé, de sa sensibilité et de sa capacité d'adaptation. Des études ont été réalisées sur les secteurs qui avaient été considérés comme étant les plus vulnérables dans la Communication Nationale publiée en 2001, à savoir, les ressources en eau, l'énergie, l'agriculture et l'élevage, les paysages, les écosystèmes naturels terrestres et humides ainsi que la santé.

Le Burundi est soumis aux impacts néfastes associés à la variabilité climatique et aux extrêmes des précipitations et des températures. Beaucoup de régions du pays connaissent ces derniers temps un déficit pluviométrique, se traduisant notamment par l'aggravation de l'aridité des sols et le tarissement ou la baisse des niveaux des rivières et des lacs. D'autres phénomènes climatiques tels que les pluies torrentielles, les sécheresses et les températures extrêmes, qui auparavant apparaissaient de façon marginale, sont actuellement observés au Burundi avec plus d'acuité, traduisant ainsi la vulnérabilité de plus en plus grandissante du pays face aux effets néfastes des Changements Climatiques entraînant la baisse de la production agricole, des pertes en vies humaines, des inondations et des sécheresses répétitives.

La distribution spatiale et temporelle des précipitations, les fréquences et les magnitudes des sécheresses et des inondations, subissent des variations parfois rapides et extrêmes au point qu'il est actuellement impossible de prévoir leur comportement dans l'avenir. Les secteurs socioéconomiques du pays ainsi que toutes les régions ont tous été affectés par les changements climatiques à des degrés divers.

L'évaluation de la vulnérabilité et de l'adaptation d'un système socioéconomique trouve ainsi son sens dans la mesure où elle permet de :

- Identifier l'importance et la localisation des menaces à court et à long terme,
- Répondre aux impacts des désastres naturels et des changements climatiques,
- Faciliter l'alerte précoce face aux désastres naturels et l'adaptation face aux changements climatiques,
- Comprendre la vulnérabilité sous-jacente et les capacités d'adaptation,

- Aider à identifier et à classer les besoins actuels et potentiels en matière d'adaptation,
- Guider et appuyer les interventions appropriées.

Les études sectorielles de vulnérabilité et d'adaptation des secteurs socioéconomiques avaient pour objectif d'analyser la vulnérabilité de ces secteurs vis-à-vis de la variabilité du climat dans le passé et l'évaluation de leur vulnérabilité face aux changements climatiques futurs, de proposer une stratégie nationale d'adaptation comportant des mesures d'adaptation ainsi que des projets concrets pour y faire face et de définir les modalités d'intégration de cette stratégie dans le cadre d'un développement socio-économique durable et de la préservation de l'équilibre environnemental, social et économique dans le pays.

2. Informations de base sur les secteurs concernés

2.1. Informations sur le Burundi

D'une superficie de 27.834 km², le Burundi est un petit pays situé au coeur de l'Afrique avec un environnement diversifié. S'étendant entre les méridiens 29°00' et 30°54' Est et les parallèles 2°20' et 4°28' Sud, le Burundi est frontalier avec le Rwanda au Nord, la République Unie de Tanzanie au Sud et à l'Est et la République Démocratique du Congo à l'Ouest. La topographie du Burundi s'accompagne d'une variation du climat en fonction de l'altitude d'où une diversité géoclimatique importante. Ainsi, la Crête Congo-Nil est plus arrosée avec des précipitations moyennes supérieures à 1700 mm/an et des températures moyennes oscillant autour de 14-15°C avec souvent des minima approchant 0°C. Les plateaux centraux connaissent des précipitations moyennes annuelles comprises entre 1350 et 2000 mm/an ainsi que des températures moyennes annuelles qui oscillent entre 17°C et 20°C.

Le Burundi appartient à deux bassins hydrographiques, denses et abondants, à savoir, le bassin du Nil avec une superficie de 13.800 km² et le bassin du fleuve Congo avec une superficie de 14.034 km². Les activités génératrices de revenus (agriculture, artisanat, etc.) sont généralement tributaires de la qualité du sol, de la température et de la pluviométrie dans les zones éco-climatiques.

La population du Burundi est estimée à 8,04 millions d'habitants d'après le recensement d'Août 2008 avec environ 52% de femmes et près 46% de jeunes de moins de 15 ans. Avec 289 hab/km² contre une moyenne de 18 hab/km² en Afrique Centrale, la densité de la population du Burundi est parmi les plus élevées d'Afrique. Le Burundi est un pays essentiellement agricole. L'agriculture et l'élevage contribuent pour une fraction généralement entre 40% et 60 % du PIB. Les exportations agricoles (café, thé, coton, ...) représentent 70 à 85 % des recettes d'exportation. Les secteurs agricole et informel procurent des emplois à plus de 93 % de la population active occupée.

2.2. Les secteurs concernés par l'étude de vulnérabilité et d'adaptation

Lors d'une réunion de lancement des travaux du projet relatifs au volet « Vulnérabilité et Adaptation », les experts ont ciblé de commun accord les régions suivantes : Bugesera, Kumoso, Imbo et Mugamba. Ces régions ont été frappées par des événements climatiques extrêmes dans l'histoire récente du Burundi.

Les ressources en eau

Les ressources en eau sont constituées des eaux de surface et des eaux souterraines. L'étude a porté sur les ressources en eau dans la dépression du Kumoso à l'Est du pays et dans la dépression du Bugesera au Nord-Est du Burundi qui n'avaient pas été considérées au cours de la Communication Initiale du Burundi sur les changements climatiques.

Le secteur de l'énergie

La consommation énergétique du Burundi est dominée par les ressources en bois-énergie qui occupent plus de 94% de la consommation énergétique nationale. La production électrique est essentiellement d'origine hydroélectrique mais sa part dans le bilan énergétique nationale n'est que de 2%. Le Burundi a un potentiel hydroélectrique de 1.700 MW dont 300 MW sont économiquement et techniquement exploitables. La puissance installée est de 32 MW, soit environ 10% du potentiel. Elle est générée par 24 microcentrales dont la centrale de Rwegura a une puissance de 18 MW. L'analyse de la vulnérabilité et de l'adaptation aura porté sur l'impact des changements climatiques sur la production hydroélectrique, l'envasement des barrages des centrales et sur la disponibilité des ressources en bois-énergie.

L'agriculture et l'élevage

L'économie du Burundi repose sur l'agriculture qui crée des emplois pour plus de 90% de la population rurale. Le secteur agricole est caractérisé par une agriculture de subsistance pratiquée par environ 1,2 millions de ménages faiblement monétarisés et exploitant chacun 0,5 ha en moyenne. Les cultures vivrières occupent 90% des superficies cultivées et contribuent à 46% du Produit Intérieur Brut (PIB). L'agriculture porte notamment sur la banane, les plantes à racines et tubercules (patate douce, manioc, colocase, pomme de terre, igname...); les légumineuses (haricot, petit pois,), les céréales (maïs, sorgho, riz, éleusine...), les légumes et fruits variés ainsi que les oléagineux (palmier à huile, tournesol, soja, arachide...). Des cultures industrielles (café, thé, coton, palmier à huile, canne à sucre, tabac...) occupent 10% des terres cultivées et contribuent à 4% du PIB avec près de 90% des recettes d'exportation du café (80%) et du thé (10%).

L'élevage joue un rôle très important dans le système d'exploitation agricole burundais. Le pays compte en 2008 environ 1.200.000 exploitations dont 700.000 exploitations pratiquent l'élevage. Le secteur est particulièrement affecté par les changements climatiques avec des baisses considérables de productions causées dans certaines parties du pays consécutivement à la réduction des ressources en eau causée principalement par les effets de la sécheresse prolongée. Le secteur de l'agriculture et de l'élevage aura été également fragilisé par la guerre que le pays a connue de 1993 à 2003. L'étude de vulnérabilité et d'adaptation a porté sur la production vivrière et l'évolution du cheptel bovin, ovin, caprin, porcine et la volaille dans les zones à plus grande vulnérabilité de Bugesera, Imbo centre et du Kumoso.

Les paysages

L'étude de la vulnérabilité des paysages a focalisé son attention sur les basses terres de la région d'Imbo-Centre; la région escarpée de MUMIRWA et la dépression du Kumoso en analysant principalement les impacts des précipitations et des événements climatiques extrêmes tels que les sécheresses prolongées et les fortes précipitations.

Les écosystèmes humides

les écosystèmes naturels humides qui ont été considérés sont ceux couverts par de l'eau d'une manière permanente ou temporaire, à savoir les lacs, les cours d'eau de toutes tailles, les étangs et les lagunes, les marécages, les parties de plaines et de vallées inondées en permanence, ou à une fréquence saisonnière ou interannuelle. Les plus intéressants pour cette étude auront été le Lac Tanganyika, le delta de la Ruzizi, les marais de l'Akanyaru et de la Kagera ainsi que les marais de la Malagarazi à la frontière avec la Tanzanie.

Les écosystèmes terrestres

Dans les écosystèmes terrestres, on trouve des forêts naturelles et artificielles. Pour les forêts naturelles, seules les superficies des forêts naturelles protégées sont actuellement connues malgré que certaines parties ont été défrichées pour les cultures. Parmi ces écosystèmes terrestres, on retrouve :

- La forêt ombrophile de montagne à savoir le Parc National de la Kibira, la forêt Naturelle de Monge, la forêt naturelle de Bururi, la réserve naturelle de Vyanda et de Rumonge;
- Les forêts claires des escarpements entre Rumonge et Nyanza lac qui remontent jusqu'à l'extrême Nord du Kumoso – Buyogoma;
- La forêt sclérophylle de la plaine de la Basse Rusizi dans le Delta autour de l'embouchure et dans le secteur des palmeraies au Nord de la plaine;
- La forêt mésophile périguinéenne de Kigwena;
- Les savanes et bosquets xérophiles dans les dépressions de Kumoso et du Nord de Buyogoma.

La réalisation de cette étude s'est limitée spécialement sur les régions d'Imbo, de la crête Congo-Nil et des dépressions de Bugesera et du Kumoso

Le secteur de la santé

Les cinq premières causes de mortalité sont le paludisme, les maladies diarrhéiques, les infections respiratoires aiguës (IRA), la malnutrition et le SIDA. Le paludisme est le premier problème de santé publique de par sa mortalité et sa morbidité parmi les enfants de moins de 5 ans et les femmes enceintes. Le paludisme est la maladie la plus fréquente au Burundi. Il constitue la 1^{ère} cause de morbi-mortalité. Depuis 1991, son évolution a été toujours progressive passant de 800.000 cas en 1993 à 3 millions de cas en 2000 soit 50% de la population. Près de 40% des consultations externes dans les centres de santé concernent le paludisme. L'analyse des impacts des changements climatiques aura ainsi porté sur le paludisme étant donné la disponibilité des données dans la plupart des centres médicaux et autres formations médicales.

2.3. Contraintes et les atouts de l'adaptation du Burundi

Les contraintes majeures qui empêchent le Burundi d'atteindre les résultats escomptés en matière d'adaptation sont notamment la non intégration des changements climatiques dans les plans et politiques de développement du pays, une sensibilisation insuffisante des décideurs sur l'intérêt de l'adaptation, la pression de plus en plus croissante de l'homme sur les ressources naturelles, la faible disponibilité des ressources financières dans le pays et l'apport

limité des financements de la part des partenaires extérieurs ainsi qu'un très faible niveau de transfert des capacités technologiques limitées qui font que des mesures d'adaptation pouvant être mises oeuvre au niveau local ne le sont pas faute d'une expertise technique suffisante des bénéficiaires ou des opérateurs économiques locaux.

L'existence de 3 saisons culturelles, un réseau hydrographique dense, la grande variété des cultures et de l'élevage ainsi qu'une population dense et suffisamment laborieuse constituent des atouts que le Burundi pourrait exploiter dans la promotion et la mise en oeuvre des projets d'adaptation.

3. Organisation et méthodologie

La méthodologie adoptée dans les études de vulnérabilité et d'adaptation aux changements climatiques associe quatre modèles d'analyse, à savoir, l'analogie, les enquêtes de terrain, la modélisation et le jugement d'expert. L'intérêt de chaque méthode pour chaque domaine d'étude repose sur la disponibilité des données sur le secteur en qualité et en quantité suffisantes à des échelles de temps appropriées, l'expertise nécessaire pour l'exploitation de la méthode dans des délais raisonnables, la capacité d'assurer la liaison entre le secteur et le climat, ses avantages et ses inconvénients et la manière dont elle prend en compte l'adaptation aux changements climatiques. Les différentes méthodes permettent d'établir des relations de cause à effet entre la variabilité dans la pluviométrie, dans les fluctuations du niveau des cours d'eau et des lacs, des températures et des indicateurs socioéconomiques des différents secteurs.

Il y a lieu de rappeler à ce stade que les données climatologiques utilisées par les différents groupes sectoriels ont été fournies par l'équipe des consultants de l'IGEBU provenant du Service de Climatologie qui a analysé les paramètres climatologiques et élaboré les scénarios futurs d'évolution de ces paramètres par les modèles SCENGEN/MAGICC de génération de scénario climatiques. Pour la référence des analyses, la période 1975 à 2005 correspondant à la disponibilité des données climatologiques (précipitations, températures) a été retenue. Les évaluations réalisées sur la vulnérabilité et l'adaptation ont porté sur la période de 2005 à 2050.

4. Développement des données et établissement de la situation de base

Des données caractéristiques relatives aux indicateurs de chaque secteur, des méthodes et des formules permettant de lier ces indicateurs aux paramètres climatiques ont été relevés de façon à faire le point sur la vulnérabilité passée et actuelle.

4.1. La base climatique

La base climatique a été établie à partir des données de la pluviométrie et de la thermométrie fournies par l'IGEBU pour 4 stations à savoir Bujumbura, Gisozi, Musasa et Kirundo qui sont représentatives de la situation climatique du Burundi.

Les analyses climatologiques effectuées par IGEBU sur les séries pluviométriques et les anomalies pluviométriques de 1974 à 2005 indiquent que la pluviométrie interannuelle fait état d'une grande variabilité d'une année à l'autre dans la plage allant de -20% à 20% par rapport à la moyenne interannuelle avec cependant une périodicité de l'ordre de 10 ans à travers les stations du pays. Elles font également apparaître que la saison sèche tend à

s'allonger et le début effectif des pluies pour la saison SONDJ (Saison culturelle A) tend à être tardif. La saison pluvieuse FMAM (saison culturelle B) a tendance à s'écourter, ce qui explique l'évolution pluviométrique fortement en baisse pour cette saison à travers tout le pays.

L'étude de la thermométrie a porté sur la température maximale moyenne mensuelle, la température minimale moyenne mensuelle ainsi que sur la température moyenne mensuelle et annuelle pour les mêmes stations et pour la même période. L'analyse faite sur les températures interannuelles maximales et les températures minimales montre également une tendance générale à l'augmentation qui est plus marquée pour les températures minimales particulièrement à la station de Gisozi. La température moyenne annuelle augmente d'une façon soutenue à partir des années 1990 et s'accélère sur presque toutes les stations d'observation considérées.

De même, les événements climatiques extrêmes (sécheresses météorologiques, fortes pluies, inondations) augmentent en fréquence et en intensité et se traduisent généralement par des phénomènes d'érosion, des destructions massives des infrastructures et par de nombreux impacts négatifs sur l'environnement ainsi que sur la qualité de la vie des populations.

4.2. La situation de base des ressources en eau

Partant des données sur la pluviométrie enregistrées à la station de Musasa pour le bassin versant de la Muyovozi à l'Est et à la station de Kirundo pour le bassin de Ndurumu au Nord du pays, des débits observés à Gihofi pour la rivière Muyovozi sur la période allant de 1980 à 1989 et à Marangara pour la rivière Ndurumu sur la période allant de 1981 à 1990 ainsi que des débits journaliers mesurés sur les deux rivières, une corrélation a été obtenue en transformant les précipitations tombées sur le bassin versant en débits simulés à l'exutoire qui ont été comparés aux débits effectivement mesurés à l'exutoire en utilisant le Modèle de Perturbation Linéaire (LPM). La bonne corrélation obtenue entre les débits simulés et les débits réellement mesurés à l'exutoire à Muyovozi et à Ndurumu a permis ainsi d'utiliser les précipitations annuelles aux deux stations de Musasa et de Gihofi pour reconstituer les débits de la Muyovozi et de Ndurumu suivant des relations mathématiques de type linéaire. La vulnérabilité du secteur des ressources en eau se manifeste déjà à travers la diminution du volume et du niveau d'eau dans les cours d'eau, une insuffisance d'eau potable pour la population de la région et le tarissement de petites sources d'eau.

4.3. Situation du secteur de l'énergie

L'impact des changements climatiques sur la production hydroélectrique a été abordée en analysant les effets de la réduction ou de l'accroissement des précipitations sur le débit des rivières dans le bassin versant de Rwegura en général et sur la production hydroélectrique en particulier, sur l'envasement des centrales hydroélectriques et sur la disponibilité des ressources en bois-énergie.

Dans le domaine de l'hydroélectricité, une relation de type polynomiale de second ordre a été établie entre les débits mensuels mesurés à Rwegura et les précipitations moyennes mensuelles enregistrés pour la même période. L'analyse de la situation de l'hydroélectricité indique que la production hydroélectrique devrait varier dans le même sens que les précipitations. Le déficit de la pluviométrie conduit à une baisse des niveaux des lacs de retenue des centrales hydroélectriques et à un déficit d'électricité qui est déjà observé dans le

pays suite à une sécheresse prolongée. L'envasement a été abordé à partir des observations sur terrain à la centrale de Marangara, de Kayenzi et de Buhiga. Les apports en sédiments dans un barrage d'une centrale hydroélectrique augmenteraient de façon linéaire suivant l'évolution du débit moyen de la rivière en fonction de l'accroissement des précipitations dans le bassin versant. Une visite aux barrages de MARANGARA et de BUHIGA a permis de révéler l'impact des précipitations et de l'érosion sur l'envasement des barrages des centrales hydroélectriques du Burundi qui est déjà très alarmant.

La situation du secteur du bois énergie a été abordée globalement par l'évolution de la superficie des boisements. Le secteur est caractérisé par une réduction progressive de la superficie boisée suite à l'effet combiné de l'activité de l'homme, de la réduction des précipitations et de l'accroissement des températures entraînant une baisse de la productivité des ressources forestières existantes et une déforestation progressive du pays.

4.4. La situation du secteur de l'agriculture et de l'élevage

Le secteur de l'agriculture et de l'élevage a été analysé en se focalisant sur la variabilité du régime pluviométrique en saison A et en saison B et sur ses impacts sur le cycle de développement des cultures vivrières et des cultures industrielles. Le seul indicateur utilisé est le rendement de la production. Pour l'agriculture, le rendement de la production dépend de la date de semis, du début des précipitations, de leur durée, de leur intensité et de leur fréquence. Les données pluviométriques et agricoles ont été traitées à l'aide de la méthode graphique (par Excel) et de la régression linéaire multiple pour montrer les variations des productions et rendements agricoles en rapprochement avec les variations pluviométriques saisonnières et annuelles de chaque zone agro-écologique considérée.

L'analyse des rendements de la production des cultures vivrières indique une vulnérabilité importante du secteur de l'agriculture à la variabilité du climat qui se manifeste de plus en plus par une baisse des rendements de production à l'hectare en saison A et B sur toutes les cultures vivrières (sauf le riz) entre 1995 et 2001. Les rendements de production de la saison B sont dans l'ensemble inférieurs à ceux de la saison A à cause du départ précoce des précipitations en saison B au mois d'avril depuis plus d'une décennie. Il y a aussi une dégradation génétique des espèces et des variétés traditionnelles de cultures, une réduction considérable du cheptel animalier, de la production de lait, de poisson et de viande dans certaines localités comme du Bugesera et du Kumoso qui connaissent déjà une famine quasi-permanente suite à la sécheresse prolongée hypothéquant la sécurité alimentaire de la population.

4.5. Situation des paysages

Les zones les plus vulnérables aux changements climatiques qui sont considérées dans le secteur des paysages sont situées dans les basses terres de l'Imbo, dans les versants escarpés de MUMIRWA et dans la dépression de Bugesera. La qualité du paysage constitue aujourd'hui un argument décisionnel dans le choix des aménagements, dans la protection de l'environnement et dans le développement durable. Les éléments du paysage qui sont plus sensibles à l'augmentation des précipitations, des températures et des événements climatiques sont principalement les bassins versants, les sols et les régimes des cours d'eau. Les événements climatiques les plus importants considérés dans cette analyse ont été les pluies diluviennes de courte durée et les sécheresses prolongées. Partant des événements passés, l'étude a analysé leurs impacts sur le comportement des paysages dans les différentes zones

considérées comme étant les plus vulnérables. Les conséquences de ces événements climatiques sur les paysages se traduisent par l'amplification de l'érosion hydrique des sols, les inondations répétitives, les mouvements de terrain, les coupures régulières des routes et la destruction des infrastructures et des manifestations de la désertification.

4.6. Les écosystèmes terrestres

Partant des informations disponibles sur les paramètres du climat dont notamment sur les sécheresses prolongées, des analyses du comportement des formations forestières et des savanes et bosquets ont été faites pour détecter les différents impacts provenant des activités de l'homme et des changements climatiques qui se sont produits à ce jour. Les résultats de ces analyses montrent une dégradation progressive des espèces plus sensibles au climat, la disparition d'une superficie de près de 14.366 ha de formations forestières depuis 1974 à cause de l'activité de l'homme réduisant la taille des écosystèmes terrestres qui deviennent faibles et vulnérables vis à vis des effets néfastes des changements climatiques et la disparition des certaines espèces végétales suite aux feux de brousse et à la carbonisation du charbon.

4.7. Les écosystèmes humides

L'analyse de la situation de base du secteur des écosystèmes humides a porté sur (i) le lac Tanganyika, (ii) le delta de la Ruzizi, (iii) les marécages de l'Akanyaru et de l'Akagera et (iv) le marécage de la Malagarazi. Pour chaque sous-secteur concerné, les études sectorielles ont collecté toutes les données disponibles sur le comportement de la faune, de la flore, des espèces animales et végétaux, des poissons et des autres organismes aquatiques en fonction de l'évolution des précipitations et des températures. L'impact de la variabilité du climat se traduit par :

- Des fluctuations du niveau du lac Tanganyika qui contient 1500 espèces animales et 337 espèces de poissons et dont la disponibilité et la distribution des substances nutritives et l'oxygène dissous dans l'eau dépendent de la température et du brassage des eaux dans la zone pélagique d'une profondeur de 100 mètres.
- Un relèvement de la température en profondeur qui va modifier la distribution des nutriments et réduire l'épaisseur de la couche oxygénée qui était de 60 mètres en 1993/1994.
- Une perturbation de la faune et de la flore du delta de la Ruzizi suite au relèvement du niveau du lac Tanganyika dont un niveau à 780 mètres amène 80% des écosystèmes du delta sous eau.
- Un retrait des eaux pendant la saison sèche sur une bande de plusieurs centaines de mètres parfois jusqu'à l'assèchement quasi complet des étangs et par des inondations en saison des pluies.
- Des fluctuations importantes de niveau d'eau dans les rivières Akanyaru et Akagera qui se répercutent sur le niveau des lacs Cohoha et Rweru qui connaissent ainsi des problèmes de niveau d'eau pendant la saison sèche.
- Des inondations annuelles fréquentes au marécage de la Malagarazi dues aux fluctuations du niveau de rivière MUSASA.

4.8 Secteur de la santé

Les cinq premières causes de mortalité sont le paludisme, les maladies diarrhéiques, les

infections respiratoires aiguës (IRA), la malnutrition et le SIDA. Bien que les maladies liées au manque d'hygiène et de salubrité de l'environnement occupent près de 80% de toutes les pathologies, le paludisme est le premier problème de santé publique de par sa mortalité et sa morbidité parmi les enfants de moins de 5 ans et les femmes enceintes. C'est pourquoi la base du secteur de la santé a porté sur l'évolution des cas de paludisme dans les provinces de Kayanza, Kirundo, Makamba et Rutana, une maladie due à un vecteur dont l'apparition est imputable à l'état de l'environnement et au changement climatique. L'extension du paludisme serait due au réchauffement climatique survenu durant le 20^{ème} siècle dont l'élévation moyenne de la température serait de l'ordre de 0,6°C.

5. Evolution des tendances en absence et en présence des changements climatiques

5.1. Evolution des paramètres climatiques

En absence des changements climatiques, les projections ont été faites en recourant à des méthodes graphiques basées sur les courbes d'adéquation des équations de régression polynomiale de 5^{ème} ordre générées dans le logiciel EXCEL. Dans le cas des changements climatiques, la projection des tendances d'évolution des précipitations et des températures a été réalisée avec le modèle MAGICC/SCENGEN de génération de scénarios climatiques pour le scénario politique choisi est « **P50** » qui correspond à une médiane des scénarios proposés dans le rapport spécial du Groupe Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat (GIEC) qui offrirait de meilleures perspectives de projections climatiques pour les pays très peu émetteurs de gaz à effet de serre comme le Burundi. La génération du climat futur par représentation spatiale a été obtenue grâce au logiciel SCENGEN qui exploite les résultats d'expériences de Modèles de la Circulation Globale par MAGICC.

A l'horizon 2050, l'accroissement des précipitations moyennes annuelles par rapport à 2010 pourrait varier entre 2,6% et 12,4%. En considérant les précipitations mensuelles, la variabilité sera très marquée autant pour la saison A que pour la saison B. L'augmentation de la température moyenne annuelle de 2010 à 2050 pour toutes les options (sans ou avec changements climatiques) varierait entre 0°C et 2 °C en absence des changements climatiques et entre 1,2 °C et 3,2°C en présence des changements climatiques. L'accroissement le plus important serait enregistré à Kirundo avec une augmentation de 0,8°C tous les 10 ans.

5.2. Les ressources en eau

En absence des changements climatiques, les débits moyens annuels de la Muyovozi et de la Ndurumu restent presque constants par rapport à la période de référence (1975-2005) avec une hausse globale respective de 4.1 % et 4.7% entre 2010 et 2050. Avec les changements climatiques, les débits moyens annuels connaîtraient des augmentations respectives de 7.1 % et de 6.5 % à l'horizon 2050. Dans le futur, il y aura un risque d'assèchement certains cours d'eau et des problèmes certains d'approvisionnement en eau potable pour une population qui augmente ainsi qu'une concurrence accrue dans l'exploitation des ressources en eau souterraines aujourd'hui non encore polluées.

5.3. Le secteur de l'énergie

L'énergie électrique pourra connaître des problèmes liés à l'arrêt plus fréquent de certaines centrales hydroélectriques en service suite au dépassement des seuils de fonctionnement pour

cause de déficit pluviométrique et de la sécheresse prolongée, l'envasement total de certains barrages (MARANGARA et BUHIGA) suite à une érosion plus forte associée à des précipitations plus abondantes, des inondations plus fréquentes des infrastructures de production électrique, une fluctuation dans la production électrique et un déficit plus important dans le secteur de l'électricité.

Pour la ressource bois-énergie, il y aura une tendance accrue à la réduction de la superficie boisée à cause des feux de forêts et des feux de brousse consécutifs à l'accroissement présumé des températures conduisant à une pénurie généralisée de bois de feu et du charbon de bois suite à une pression plus grande et combinée de l'activité de l'homme et des températures en accroissement et une modification dans les taux de croissance de la biomasse

5.4. Tendances du secteur de l'agriculture et de l'élevage

Les projections à l'horizon 2050 montrent qu'en absence des changements climatiques, l'évolution du rendement de production de toutes les cultures vivrières aura une tendance positive et identique en saison culturale A et en saison B avec de meilleurs rendements sans changements climatiques et des rendements réduits avec changements climatiques. Les rendements de la production en première saison culturale A resteront inférieurs à ceux enregistrés en saison culturale B. Par contre, les projections des rendements en cas de changements climatiques pour la saison A et la saison B montrent une tendance en baisse très accentuée à partir de 2010, les rendements en saison A étant toujours inférieurs à ceux de la saison B.

Le cas particulier sera celui du maïs et du sorgho qui enregistrent une augmentation du rendement en absence et en présence des changements climatiques car le maïs et le sorgho ont une plus grande tolérance des pluies intenses. Pour les cultures industrielles, tout accroissement des précipitations au delà du seuil de la situation de référence provoquera une diminution de rendement du fait que cet accroissement intervient dans la période de floraison et de maturation des fruits notamment du palmier à huile et du caféier.

De même, avec les changements climatiques, les pertes du cheptel bovin, caprin, ovin et volaille, capital productif principal des éleveurs, seront plus importantes suite à des sécheresses plus prolongées et plus fréquentes. Les rendements de production de viande, de lait et de poissons seront encore plus affectés et plus réduits. Des épidémies de maladies à protozoaire de sang pourront apparaître avec les températures élevées lors des sécheresses qui pourront devenir plus prolongées dans les zones actuellement vulnérables du Kumoso, du Bugesera et de l'Imbo Centre.

5.5. Tendances des écosystèmes humides

La température est un paramètre déterminant dans le fonctionnement biologique des organismes vivant dans *la zone pélagique du Lac Tanganyika* notamment sur la vitesse de photosynthèse chez les algues, les cycles du zooplancton et la reproduction de poissons. L'accroissement des températures avec les changements climatiques pourra réduire l'épaisseur de la couche oxygénée du lac et entraîner l'eutrophisation avec des risques de réduction de la productivité du lac en poissons. Pour *la zone du littoral*, des fluctuations sensibles du niveau du lac continueront à être enregistrées et même amplifiées à l'horizon 2050.

Si le niveau moyen du lac se maintient durablement à 776 m ou au-delà, une partie importante du delta de la Ruzizi deviendra tout simplement la zone littorale lacustre. Les formations végétales de ces zones semi inondables et la faune associée qu'on y trouve actuellement pourraient s'installer à la périphérie, autour d'une nouvelle ligne, s'ils n'étaient pas perturbés par l'homme. Ces écosystèmes sont surtout vulnérables quand le niveau des eaux baisse suffisamment pour permettre la pénétration des agriculteurs/éleveurs.

L'élévation de la température dans les complexes marécageux et lacustres de l'Akanyaru, de l'Akagera et de la Malagarazi va perturber leur régime hydrologique et intensifier l'évaporation, surtout pendant la saison sèche. Ceci va accentuer la diminution du niveau des eaux dans les marécages et dans les lacs pendant les périodes de déficit pluviométrique entraînant le rabattement du niveau de la nappe phréatique, la destruction des habitats pour la biodiversité, l'accélération de l'érosion, l'augmentation de la turbidité des eaux et la perte de revenu pour les populations et probablement la disparition définitive des lacs du système Akanyaru. Les fortes pluviométries vont entraîner une extension latérale des marécages avec un effet positif pour la faune et la flore.

5.7. Les écosystèmes terrestres

Avec les changements climatiques, il y aura une modification des étages de la forêt ombrophiles de façon ascendante suite au relèvement des températures et l'étage subalpin de cette forêt (à partir de 2050 m d'altitude) devra reculer ou même disparaître suite à l'accroissement des températures moyennes qui atteindraient les 14°C pendant que les espèces végétales de l'étage de transition vont s'interpénétrer avec les espèces des savanes de MUMIRWA dans l'étage inférieure. Certaines espèces végétales vont disparaître à cause de nouvelles conditions climatiques induites par les changements climatiques conduisant à des déserts rocheux sur les sommets de la crête Congo-Nil.

Des forêts claires se trouvant sur les zones arides seront de plus en plus dégradées avec une perte importante d'espèces végétales qui ne pourront pas survivre à des températures supérieures à 30 °C de même que dans les savanes et les bosquets xérophiles. La vulnérabilité aux feux de brousse sera plus importante avec les sécheresses plus longues dans les forêts claires et dans les savanes herbeuses avec à chaque fois une disparition importante des espèces végétales.

5.8. Tendances des paysages

Les précipitations directes des régions basses s'ajoutant aux eaux des cours d'eau provenant des régions élevées et plus arrosées de MUMIRWA et de la Crête Congo-Nil vont accroître le risque des inondations plus fréquentes et de grande ampleur dans les basses terres ; les impacts induits par les changements climatiques seront principalement l'amplification de l'érosion des sols le long des axes de drainage dans les bassins versants montagneux des MUMIRWA.

5.9. Tendances du secteur de la santé.

L'avenir de la santé au Burundi, spécialement dans les régions où la température moyenne annuelle se situe autour de 21°C actuellement sera menacé par une recrudescence de paludisme et les facteurs « accroissement démographique » et « les comportements humains » pourront aussi jouer un rôle non négligeable. Les projections effectués à l'horizon 2050

indiquent qu'il y'aura une évolution des cas de paludisme dans le même sens que l'évolution des paramètres climatiques dans toutes les provinces du pays. Toutefois, l'évolution modérée des précipitations et des températures observée dans certaines provinces, Kayanza notamment, sur la période de 2010 à 2050 favoriserait l'accroissement du paludisme sans ou avec changement climatique. De façon générale, dans les zones de haute altitude, la température élevée, l'humidité et la pluviosité offriront des conditions favorables à la multiplication des moustiques, vecteurs du paludisme.

6. Stratégie nationale d'adaptation et plan d'actions

L'élaboration d'une stratégie nationale d'adaptation et d'un plan d'actions d'adaptation aux changements climatiques vise à appuyer le Gouvernement du Burundi dans ses efforts pour atteindre une gestion durable, globale et rationnelle des ressources naturelles et de développement durable du pays. Elle a été préparée pour contribuer à la réalisation des objectifs de développement économique du Burundi qui sont inscrits dans le Cadre Stratégique Intérimaire de croissance économique et de lutte contre la pauvreté (CSLP-Complet) qui sont de (i) poursuivre le développement socioéconomique du pays ; (ii) contribuer à la réduction de la pauvreté et de (iii) compléter les mesures et les initiatives en vigueur de réduction des catastrophes naturelles.

La stratégie nationale d'adaptation du Burundi aux changements climatiques a défini le contexte et la justification de l'adaptation au Burundi, les objectifs stratégiques à poursuivre, les composantes et les activités prioritaires ainsi que le cadre logique, le plan d'actions y relatif ainsi que les modalités de mise en œuvre. Cette stratégie nationale a été conçue pour compléter le PANA et l'élargir de façon à couvrir les actions à court terme et les actions à long terme.

L'objectif général de la stratégie nationale d'adaptation est de renforcer la capacité du Burundi à faire face aux impacts néfastes de la variabilité et du changement climatique dans les secteurs socioéconomiques les plus vulnérables tout en assurant le développement durable de sa population. Elle a été construite autour de 4 objectifs stratégiques, à savoir :

Objectif stratégique n°1 : Renforcer le cadre institutionnel chargé des questions environnementales dans les programmes sectoriels.

Objectif stratégique n° 2 : Assurer une meilleure connaissance et le partage de l'information sur les aspects scientifiques, techniques et économiques des impacts, de la vulnérabilité et de l'adaptation au changement climatique

Objectif stratégique n° 3: Intégrer les changements climatiques dans la politique nationale de développement économique et de lutte contre la pauvreté. Il s'agira de favoriser une approche participative et synergique impliquant tous les acteurs ainsi que les autres programmes tant nationaux que régionaux.

Objectif stratégique n°4 : Elaborer et exécuter des mesures spécifiques d'adaptation dans les secteurs les plus vulnérables comme les ressources en eau, l'énergie, l'agriculture et l'élevage, les écosystèmes humides et les écosystèmes terrestres, les paysages et le secteur de la santé.

Les actions d'adaptation ont été identifiées dans le PANA et dans les études sectorielles de vulnérabilité et d'adaptation aux changements climatiques préparées dans le cadre de la 2^{ème}

Communication Nationale sur les Changements Climatiques. Le plan d'actions contient plusieurs idées de projets qui devront au préalable faire l'objet d'une préparation plus approfondie avant leur mise en œuvre.

Le coût global du plan d'adaptation est évalué à **79.084.000 dollars américains** dont un montant de 7.294.000 US\$ est nécessaire pour la réalisation du programme prioritaire PANA. Le financement de ce programme devrait être réalisé dans le cadre de la solidarité nationale et internationale sur l'adaptation aux changements climatiques.

7. Conclusion et recommandations

Les résultats de l'analyse des impacts actuels du climat et des événements extrêmes en particulier indiquent déjà que le Burundi est vulnérable à la variabilité climatique actuelle et que des efforts doivent être consentis pour faire face aux impacts des changements climatiques qui sont appelées à s'intensifier si des mesures efficaces ne sont pas mis en œuvre dès maintenant. Les modifications de la fréquence et de l'intensité des précipitations dans l'espace et dans le temps ainsi que le relèvement général des températures auront des conséquences néfastes qui vont se traduire par une plus grande vulnérabilité des systèmes naturels et humains déjà fragilisés par la pression de l'homme. C'est la raison pour laquelle une stratégie nationale d'adaptation a été proposée pour coordonner les activités du pays dans la mise en œuvre des mesures d'adaptation.

La mise en oeuvre de la stratégie d'adaptation demande des efforts combinés de la part des institutions impliquées directement dans la gestion de l'environnement et du changement climatiques, des autorités politiques et de la communauté internationale. Les activités inscrites au plan d'actions associé à cette stratégie pourront être mises en oeuvre dans le cadre de projets de coopération bilatérale entre les pays du Nord et du Sud, de la collaboration Sud-Sud et de la coopération avec les agences multilatérales de financement au développement.

Une attention particulière devra cependant être portée aux mesures urgentes d'adaptation qui ont été identifiées dans le document PANA. Il faudra veiller à mettre en place un organisme chargé de la coordination dans la mise en oeuvre de la stratégie nationale d'adaptation et de la collaboration avec les organismes sectoriels chargés de la gestion des ressources naturelles. Pour le financement du plan d'actions, il conviendra d'exploiter au mieux les mécanismes de financement mis en en place dans le cadre de la Convention Cadre des Nations Unies sur les changements climatique, explorer d'autres sources alternatives de financement et maîtriser davantage les conditions d'accès aux ressources de financements du FEM.

Enfin, l'adaptation aux changements climatiques sera d'autant plus efficace que la stratégie nationale d'adaptation sera intégrée dans le Programme Stratégique de Lutte contre la pauvreté, dans les plans de développement agricole et de l'élevage, la politique énergétique, le plan directeur de l'eau, le code de l'environnement, le code forestier qui sont des instruments pour garantir le développement durable du pays et qui, à l'avenir, devront avoir à chaque fois une interface avec la variabilité et le changement climatique. De même, les organismes de financement, les fonds internationaux de coopération au développement, les ONG devront être incités à inclure l'adaptation aux changements climatiques dans leurs stratégies d'intervention au niveau local et national.

INTRODUCTION

Le Burundi, à travers le Ministère de l'Eau, de l'Environnement, de l'Aménagement du Territoire et de l'Urbanisme, est en cours d'exécution du projet: «Habilitation du Burundi à préparer sa Seconde Communication Nationale au titre de la Convention Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques (CCNUCC). Celle-ci ayant été ratifiée le 6 avril en 1997.

Dans ce cadre, la Direction Nationale du Projet a lancé les termes de référence pour le recrutement d'un consultant chargé d'élaborer le document synthèse des études sectorielles d'analyse de la vulnérabilité et de l'adaptation aux changements climatiques.

L'objectif visé dans l'élaboration de ce rapport est de rassembler les informations fournies par les institutions participantes dans leurs rapports sectoriels de façon à avoir un document consolidé facile à consulter par les partenaires régionaux et internationaux.

Dans le cadre de cette introduction, nous reprenons le contexte et la justification du projet, la définition des notions de vulnérabilité et d'adaptation aux changements climatiques, le cadre institutionnel des études ainsi que les objectifs et le contenu du présent document de synthèse de la vulnérabilité et d'adaptations des secteurs socio-économiques du Burundi.,

0.1. Contexte et justification de l'étude

A partir de la ratification de la Convention Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques (CCNUCC) le 06 avril 1997, le Burundi est devenu une partie prenante à la Convention et s'est engagé à préparer régulièrement des communications nationale sur les changements climatiques suivant les directives du GIEC (Groupe Intergouvernemental d'Experts sur l'évolution du climat) qui doit comprendre notamment/

- Un inventaire des émissions des gaz à effet de serre ;
- Une analyse des mesures d'atténuation ;
- Une étude de vulnérabilité et d'adaptation aux changements climatiques ;
- Un plan d'action national d'adaptation aux changements climatiques.

Conformément à cet engagement, le Burundi a présenté sa Communication Nationale Initiale sur les changements climatiques au cours de la Conférence des parties qui s'est tenue à Marrakech au Maroc en novembre 2001. Cette communication comprenait effectivement un inventaire des émissions de gaz à effet de serre, une présentation des options d'atténuation des émissions de gaz à effet de serre, une étude de vulnérabilité et d'adaptation aux changements climatiques ainsi qu'une identification des actions d'adaptation potentielles.

Compte tenu des contraintes de temps et de maîtrise de l'expertise technique, la Communication Initiale n'avait pas suffisamment approfondi l'analyse et l'hierarchisation des options d'adaptation qui devaient conduire à l'élaboration d'un plan d'adaptation. Les études sur les impacts des changements climatiques sur les divers secteurs socio-économiques du Burundi, à savoir, les ressources en eau, l'énergie, l'agriculture, l'élevage, les paysages, les écosystèmes naturels terrestres et humides ainsi que la santé, menées au cours de la 1^{ère} Communication, ont permis de se rendre compte du niveau élevé de la vulnérabilité du pays aux changements climatiques.

En 2006, le Burundi a reçu du FEM un appui pour produire le Plan d'Actions National d'Adaptation aux changements climatiques (PANA) dont le rapport final a été publié en janvier 2007. Ce fut une occasion d'évaluer un peu plus en profondeur, les actions nécessaires et urgentes d'adaptation aux changements climatiques et d'établir un plan d'actions national d'adaptation contenant les actions devant permettre au pays de faire face de façon urgente et immédiate aux conséquences néfastes des changements climatiques.

A l'heure où le Burundi prépare sa Seconde Communication Nationale sur les Changements Climatiques, il y a lieu de mentionner les progrès accomplis tant au niveau de l'inventaire des émissions, la mise en œuvre des mesures d'atténuation des émissions mais aussi et surtout d'entrer un peu plus dans l'évaluation de la vulnérabilité des secteurs socioéconomiques afin de mettre en place des mesures d'adaptation qui soient plus appropriées et qui conduisent réellement au développement du pays.

Comme tous les autres pays, parties prenantes à la Convention Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques, le Burundi est soumis aux effets néfastes des changements climatiques (CC) dus principalement aux concentrations des gaz à effets de serre émises dans l'atmosphère. Beaucoup de régions du pays connaissent ces derniers temps un déficit pluviométrique, se traduisant notamment par l'aggravation de l'aridité des sols et le tarissement ou la baisse des niveaux des rivières et des lacs. D'autres phénomènes climatiques tels que les pluies torrentielles, les sécheresses et les températures extrêmes, qui auparavant apparaissaient de façon marginale, sont actuellement observés au Burundi avec plus d'acuité, traduisant ainsi la vulnérabilité de plus en plus grandissante du pays face aux effets néfastes des Changements climatiques. Cela engendre des conséquences aussi désastreuses comme la chute de la production surtout agricole, les pertes en vies humaines, les inondations et sécheresses répétitives, l'augmentation des risques de maladies hydriques, la dégradation de l'environnement, etc.

La distribution spatiale et temporelle des précipitations, les fréquences et les magnitudes des sécheresses et des inondations, subissent des variations parfois rapides et extrêmes au point qu'il est actuellement impossible de prévoir leur comportement dans l'avenir.

Les secteurs socioéconomiques du pays ainsi que toutes les régions ont tous été affectés par les changements climatiques à des degrés divers. Ainsi le secteur de l'agriculture, qui est toujours et reste encore le poumon économique du pays, aura été particulièrement affecté par les changements climatiques avec des baisses considérables de productions causées dans certaines parties du pays consécutivement à la réduction des ressources en eau causée principalement par les effets de la sécheresse prolongée.

Ainsi, les régions du Nord-Est du pays dans le Bugesera en province de Kirundo, ont été tellement si affectées par la sécheresse qu'elles enregistrent une baisse très importante des productions vivrières et industrielles qui a entraîné une famine chronique, des déplacements des ménages de leurs exploitations vers les pays limitrophes et des cas de morts pour les communautés les plus vulnérables. Les régions de l'Imbo et les dépressions de Kumoso ont été également affectées par des périodes de sécheresse prolongée mais la durée et l'ampleur ont été moins sévères que pour le Bugesera.

0.2. Définition de la vulnérabilité et de l'adaptation

Nous reprenons ci-après les définitions de la sensibilité, de la capacité d'adaptation et de la vulnérabilité aux changements climatiques que nous empruntons d'un rapport du groupe de travail n° 2 du GIEC¹.

Changements climatiques – Sensibilité, capacité d'adaptation et vulnérabilité

Sensibilité aux changements climatiques

Proportion dans laquelle un système est influencé, favorablement ou défavorablement, par des stimuli liés au climat. Ces stimuli englobent tous les éléments liés aux changements climatiques, dont les caractéristiques climatiques moyennes, la variabilité du climat, la fréquence et l'ampleur des extrêmes. Les effets peuvent être directs (par exemple une modification des rendements agricoles due à un changement de la valeur moyenne, de l'amplitude ou de la variabilité de la température) ou indirects (par exemple des dommages causés par des inondations de zones côtières dues à l'élévation du niveau de la mer).

Capacité d'adaptation

Capacité d'un système à s'adapter aux changements climatiques (notamment à la variabilité climatique et aux phénomènes extrêmes), de façon à atténuer les dommages potentiels, à tirer parti des possibilités offertes et à faire face aux conséquences.

Vulnérabilité

Mesure dans laquelle un système est sensible ou incapable de faire face aux effets néfastes défavorables des changements, y compris la variabilité du climat et les phénomènes extrêmes. La vulnérabilité est fonction de la nature, de l'ampleur et du rythme, de variation du climat à laquelle le système considéré est exposé, de la sensibilité de ce système et de sa capacité d'adaptation.

Dans le contexte des changements climatiques, la vulnérabilité est donc définie comme le degré selon lequel un système est sensible - ou incapable de faire face - aux effets adverses des changements climatiques associés à la variabilité des paramètres climatiques et aux phénomènes climatiques extrêmes. La vulnérabilité d'un système dépend essentiellement de la nature, de l'ampleur et du rythme de la variation du climat et des changements climatiques auxquels il est exposé, de sa sensibilité et de sa capacité d'adaptation.

Selon des recherches effectuées par l'ONG ENDA-TIERS MONDE², « *l'adaptation est un processus d'ajustement des systèmes naturels et humains à un stimulus climatique constaté ou anticipé, à ses effets et ses impacts. Il désigne un changement de procédures, de pratiques et de structures visant à limiter ou supprimer les dommages potentiels ou à tirer bénéfice des opportunités créées par les changements climatiques. Il induit des ajustements afin de réduire la vulnérabilité au changement climatique de certaines communautés, régions ou activités/secteurs* ».

C'est dans ce contexte que l'ENDA distingue plusieurs sortes d'adaptation :

- *Adaptation anticipative*: Adaptation qui a lieu avant que les effets des changements climatiques soient observables. On parle aussi d'adaptation proactive.
- *Adaptation autonome*: Adaptation qui ne constitue pas une réaction réfléchie aux stimuli climatiques, mais qui résulte de changements écologiques des systèmes

¹ Mission Interministérielle de l'effet de serre, Bilan 2007 des changements climatiques : conséquences, adaptation et vulnérabilité, 8^{ème} Session du Groupe de Travail II du GIEC, Bruxelles, du 02 au 06 avril 2007.

² Boubacar Fall et Isabelle Niang-Diop, Glossaire des termes et concepts, ENDA, Sénégal

naturels ou d'une évolution des conditions socio-économiques propres aux systèmes anthropiques et ceci sans intervention. On parle aussi d'adaptation spontanée.

- *Adaptation planifiée*: Adaptation qui résulte de décisions stratégiques délibérées, fondées sur une perception claire des conditions qui ont changé – ou qui sont sur le point de changer- et sur les mesures qu'il convient de prendre pour revenir, s'en tenir ou parvenir à la situation souhaitée.
- *Adaptation à caractère privé*: Adaptation qui est amorcée et réalisée par des individus, des ménages ou des entreprises privées. Ce type d'adaptation sert d'ordinaire les intérêts de ceux qui la mettent en oeuvre.
- *Adaptation à caractère public*: Adaptation amorcée et réalisée par des services publics. Ce type d'adaptation sert généralement les intérêts de la collectivité.
- *Adaptation réactionnelle*: Adaptation qui a lieu après que les effets des changements climatiques aient été observés.

L'évaluation de la vulnérabilité et de l'adaptation d'un système socioéconomique trouve ainsi son sens dans la mesure où elle permet de³ :

- Identifier l'importance et la localisation des menaces à court et à long terme,
- Répondre aux impacts des désastres naturels et des changements climatiques,
- Faciliter l'alerte précoce face aux désastres naturels et l'adaptation face aux changements climatiques,
- Comprendre la vulnérabilité sous-jacente et les capacités d'adaptation,
- Aider à identifier et à classer les besoins actuels et potentiels en matière d'adaptation,
- Guider et appuyer les interventions appropriées.

Bien que l'on ne puisse pas encore quantifier avec exactitude la nature et l'ampleur des changements climatiques et de ses impacts au Burundi, il est évident que des changements et des impacts sont déjà amorcés et qu'ils se poursuivront. Il faudrait donc agir maintenant afin de limiter les dégâts. L'adaptation se réfère ainsi au processus d'ajustement d'une population, d'un système de production pour atténuer les impacts négatifs des changements climatiques ou pour tirer profit des nouvelles opportunités que les changements climatiques pourraient amener.

0.3. Cadre institutionnel des études de vulnérabilité et d'adaptation

Depuis la ratification de la Convention Cadre des Nations Unies sur les changements climatiques, le Burundi a mené plusieurs actions, dont notamment⁴:

- La mise en place d'un Comité de Pilotage du projet de Communication Nationale Initiale sur les changements climatiques dont les membres représentent les institutions impliquées dans les changements climatiques;
- La désignation d'une institution jouant le rôle de Point Focal de la Convention à savoir l'Institut Géographique du Burundi (IGEBU);
- L'Institut National pour l'Environnement et la Conservation de la Nature (INECN), institution publique a été chargé de la gestion d'importants écosystèmes terrestres. La

³ ENDA/C3D, Vulnérabilité et adaptation : Module 1 Contexte général ; Manuel Winograd (CIAT, Colombie)

⁴ MINATTE, Rapport annuel sur l'état de l'environnement, Février 2005.

plupart de ces écosystèmes bénéficient d'une protection stricte sous forme de parcs, de réserves naturelles et de paysages protégés comme l'indique le Décret-loi n° 1/6 du 3 mars 1980 portant création de parcs nationaux et des réserves naturelles.

- La création d'un Département de l'Environnement au sein du Ministère de l'Eau, de l'Aménagement du Territoire, de l'Environnement et de l'Urbanisme, qui assure la direction des projets des Communications nationales sur les changements climatiques;
- La présentation de la Communication Initiale du pays à la Conférence des parties à la Convention à Marrakech au Maroc en novembre 2001.
- L'élaboration d'un Programme d'Action National d'Adaptation aux changements climatiques qui a été finalisé en 2006;
- La préparation du projet d'Autoévaluation Nationale des Capacités à Renforcer pour la gestion de l'Environnement Mondial (ANCR) dès octobre 2005;
- La préparation en cours de la 2^{ème} Communication nationale sur les changements climatiques.

Les résultats de toutes ces actions auront été principalement :

- Une prise de conscience accrue de la problématique des changements climatiques par les institutions ayant participé à la préparation de la communication initiale;
- L'information et la sensibilisation du public par les médias sur les relations de cause à effet entre l'activité anthropique (de l'homme) et les changements climatiques;

Les études sectorielles d'analyse de la vulnérabilité et de l'adaptation aux changements climatiques, finalisées en septembre 2008, ont été réalisées dans les domaines suivantes: l'évolution du climat, les ressources en eau, l'énergie, l'agriculture et l'élevage, la santé, les paysages et les écosystèmes terrestres et humides.

Ces études indiquent que le Burundi est vulnérable aux changements climatiques et qu'il fait actuellement face à un accroissement des températures et à une baisse des précipitations avec une tendance accentuée au cours des prochaines années. De plus, on observe une augmentation de la fréquence et de la durée des sécheresses et des inondations conduisant à des catastrophes naturelles importantes.

Ces études montrent également que des risques importants sont associés aux changements climatiques, à savoir :

- Une érosion plus forte entraînant une plus grande dégradation des sols ;
- Un déficit important dans le rendement de l'agriculture ;
- Une prolifération des maladies diarrhéiques et endémiques ;
- Une diminution de ressources en eau ;
- Un déficit énergétique consécutif à la baisse du niveau de l'eau des barrages des centrales hydroélectriques.

Des pratiques d'adaptation existent certes mais elles doivent être consolidées davantage. D'autres nouvelles options d'adaptation ont été proposées dans les différentes études de vulnérabilité et d'adaptation aux changements climatiques. Toutes ces options doivent dans leur ensemble s'intégrer dans une politique globale d'adaptation aux changements climatiques et être conformes aux objectifs de développement économique et social et de lutte contre la pauvreté que s'est assignés le gouvernement.

La réalisation de cette synthèse des études sectorielles sur la vulnérabilité et l'adaptation aux changements climatiques s'inscrit dans les engagements de la République du Burundi de préparer et transmettre à la Conférence des Parties, une Seconde Communication Nationale au titre de la Convention Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques (CCNUCC) qui fait état des efforts et des mesures consentis et envisagés par le pays pour contribuer aux objectifs de la CCNUCC. Ce document sera également une référence dans la négociation des financements de projets car il devra être en harmonie totale avec les objectifs du Cadre Stratégique de Relance de la Croissance Economique et de Lutte contre la Pauvreté.

0.4. Objectifs des études de vulnérabilité et d'adaptation

Les études sectorielles de vulnérabilité et d'adaptation des secteurs socioéconomiques avaient pour objectif d'analyser la vulnérabilité de ces secteurs vis-à-vis de la variabilité du climat dans le passé et l'évaluation de leur vulnérabilité face aux changements climatiques futurs qui sont induits par l'augmentation de la concentration des gaz à effet de serre dans l'atmosphère. Ces études devaient également identifier et évaluer les impacts de la variabilité climatique et des changements climatiques pour finalement proposer des stratégies et les options d'adaptation ainsi que des projets concrets pour y faire face. Elles devaient aussi donner les modalités d'intégration de ces stratégies dans le cadre d'un développement socio-économique durable et de la préservation de l'équilibre environnemental, social et économique dans le pays.

La mission assignée au consultant dans la réalisation de cette synthèse des études de vulnérabilité et d'adaptation aux changements climatiques comporte les actions suivantes :

- Décrire les secteurs économiques concernés par l'étude, analyser et évaluer les impacts des variations climatiques à partir des données disponibles ;
- Evaluer et quantifier les impacts du climat actuel et futur sur ces systèmes ainsi que les écarts entre les conditions de la variabilité climatique actuelle et les conditions climatiques telles qu'elles pourraient se présenter suite aux changements climatiques induits par l'accroissement de la concentration des gaz à effet de serre ;
- Identifier, analyser et évaluer les différentes options d'adaptation face aux changements climatiques ;
- Elaborer un plan stratégique d'actions d'adaptation aux changements climatiques ;
- Proposer des projets spécifiques d'adaptation.

0.5. Le contenu de la synthèse de vulnérabilité et d'adaptation

Le rapport de la synthèse des études de vulnérabilité et d'adaptation aux changements climatiques contient deux principales parties.

Une première partie sera consacrée à la synthèse proprement dite des études sectorielles de vulnérabilité et d'adaptation aux changements climatiques. Elle contiendra principalement les chapitres ci-après conformément à la proposition de la Direction Nationale du projet :

- Un Chapitre 0 portant sur une Introduction qui donne le contexte et la justification du projet, la définition des notions de vulnérabilité et d'adaptation aux changements climatiques, le cadre juridique du projet ainsi que les objectifs et le contenu du présent

document de synthèse de la vulnérabilité et d'adaptations des secteurs socio-économiques du Burundi.

- Le Chapitre I a été consacré aux informations de base sur les secteurs concernés par les études de la vulnérabilité et de l'adaptation aux changements climatiques
- Le Chapitre II porte sur le relevé des méthodologies utilisées dans la réalisation des études sectorielles et sur la méthodologie adoptée dans la réalisation de cette présente synthèse.
- Un Chapitre III sur le développement des données et établissement de la situation de base
- Un Chapitre IV sur l'évolution des tendances en présence et en l'absence des changements Climatiques ainsi qu'un Chapitre V portant sur les impacts actuels et futures des Changements climatiques dans lequel seront relevées toutes les tendances de vulnérabilités futures des systèmes socioéconomiques en absence et en présence des changements climatiques futurs. Une conclusion sera tirée sur la vulnérabilité future du Burundi face aux changements climatiques et des recommandations appropriées seront proposées pour un plan d'actions approprié.

En fin une deuxième partie sera consacrée à la synthèse d'une stratégie nationale d'adaptation et à l'élaboration d'un Plan d'actions à partir des options d'adaptation identifiées au niveau sectoriel et à la proposition de projets prioritaires d'adaptation aux changements climatiques.

CHAPITRE 1. INFORMATIONS DE BASE SUR LES SECTEURS CONCERNES

1.1. Profil du Burundi

1.1.1. La géographie du Burundi

Le relief du Burundi se caractérise par la région du Grand Rift de l'Afrique Orientale qui a donné lieu à un fossé d'effondrement à l'Ouest où fut formé le lac Tanganyika ainsi qu'un ensemble de plateaux centraux à l'Est. Aussi, la pluviométrie et la température varient-elles en fonction de l'altitude⁵. D'une superficie de 27.834 km², le Burundi est un petit pays situé au coeur de l'Afrique avec un environnement diversifié. S'étendant entre les méridiens 29°00' et 30°54' Est et les parallèles 2°20' et 4°28' Sud, le Burundi est frontalier avec le Rwanda au Nord, la République Unie de Tanzanie au Sud et à l'Est et la République Démocratique du Congo à l'Ouest.

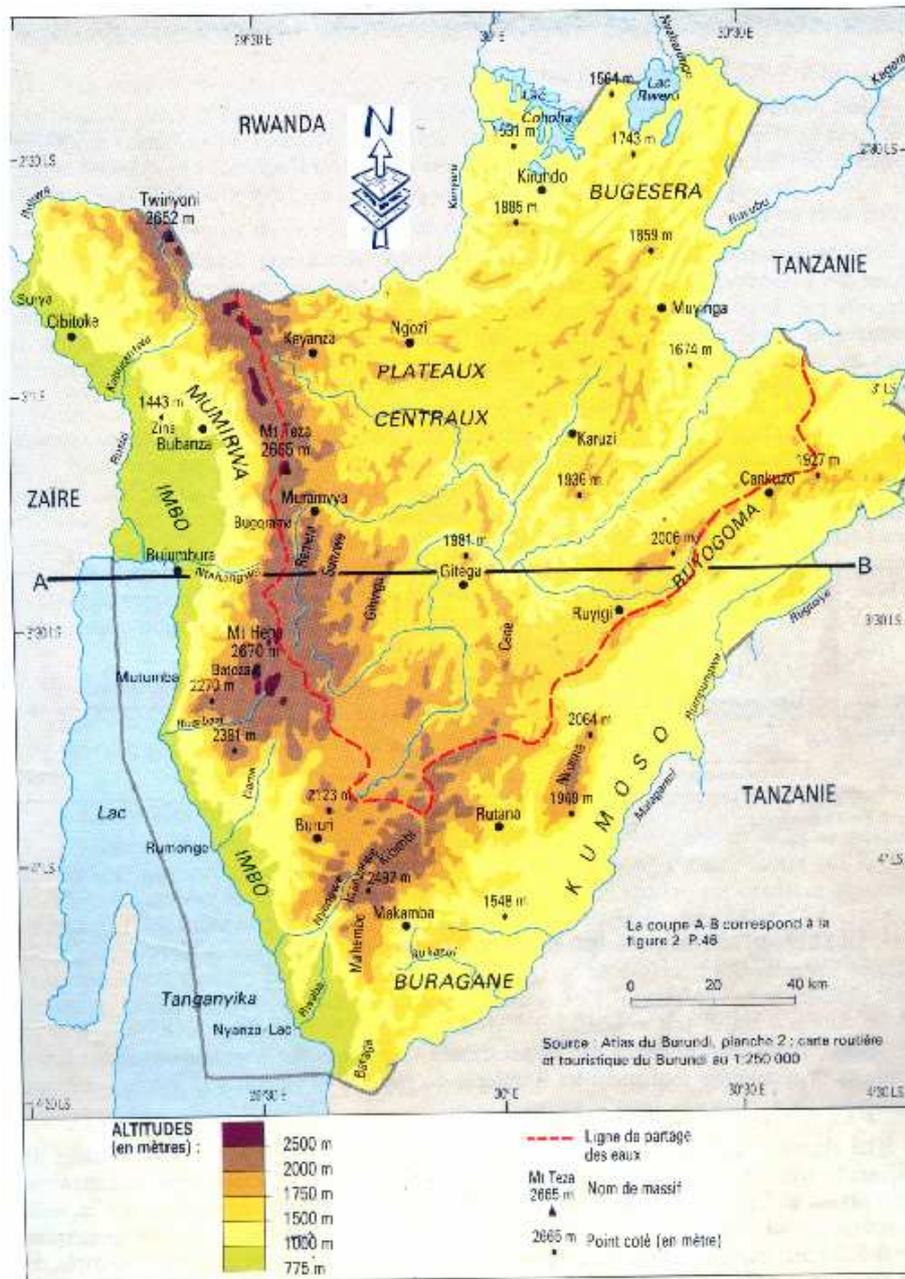
Le relief du Burundi forme un ensemble de 5 zones géomorphologiques différentes et assez diversifiées comprenant:

- La plaine dans la région naturelle de l'Imbo située entre 775-1000 m d'altitude ;
- Les contreforts formant la région naturelle de MUMIRWA situés entre 1000-1500 m d'altitude.
- Les hautes montagnes comprenant les régions naturelles de Mugamba et Bututsi sont situées entre 1500-2600 m d'altitude formant la crête Congo-Nil;
- Les plateaux centraux englobant les régions naturelles de Kirimiro, Buyenzi, Bweru et de Buyogoma sont situés entre 1400-2000 m d'altitude ;
- Les dépressions à savoir la dépression de l'Est englobant les régions naturelles de Kumoso et Buragane situées entre 1200-1400 m et la dépression du Nord-Est du pays comprenant la région naturelle de Bugesera située entre 1200-1500 m d'altitude.

La figure n° 1 donne la situation de la topographie du pays.

⁵ MINATTE, Rapport annuel sur l'état de l'Environnement, Février 2005.

Figure n°1. La topographie du Burundi



Source : Prof. Stanislas NSABIMANA, Etude de la vulnérabilité et de l'adaptation aux changements climatiques, Secteur des Paysages, PNUD/MINATTE, Octobre 2008.

1.1.2. Les zones écoclimatiques du Burundi

La topographie du Burundi s'accompagne d'une variation du climat en fonction de l'altitude d'où une diversité géoclimatique importante. Ainsi, la Crête Congo-Nil est plus arrosée avec des précipitations moyennes supérieures à 1700 mm/an et des températures moyennes oscillant autour de 14-15°C avec souvent des minima approchant 0°C. Les plateaux centraux connaissent des précipitations moyennes annuelles comprises entre 1350 et 2000 mm/an ainsi que des températures moyennes annuelles qui oscillent entre 17°C et 20°C.

Pour le cas de la plaine de l'Imbo et les dépressions de Kumoso et de Bugesera dont les précipitations moyennes annuelles sont souvent inférieures à 1100 m (surtout à l'Imbo), les températures moyennes annuelles sont supérieures à 20°C. En cas de fortes pluies, ces zones connaissent des inondations sans précédent.

Les zones éco-climatiques ont été exploitées dans l'analyse de la vulnérabilité et de l'adaptation aux changements climatiques particulièrement dans le secteur des ressources en eaux, de l'agriculture et de l'élevage, des paysages ainsi que des écosystèmes terrestres et humides.

1.1.3. Caractéristiques climatiques du Burundi

Le climat du Burundi est de type tropical humide influencé par l'orographie qui varie entre 774 m et 2670 m. Il est caractérisé par une alternance de la saison pluvieuse qui s'étend généralement du mois d'octobre à mai et de la saison sèche qui va de juin à septembre. La pluviométrie moyenne annuelle varie entre 2000 mm dans les hauteurs à près de 1000 mm dans les dépressions. La pluviométrie moyenne pour le Burundi est de 1274 mm de pluie⁶.

De même, dans la plaine de l'IMBO d'une altitude variant entre 774 m et 1000 m, la température moyenne annuelle est en général supérieure à 23 °C alors que dans les escarpements du MUMIRWA, la température varie entre 18 °C et 28°C pour des altitudes variant entre 1000 m et 1800 mm.

Nous reprenons dans le tableau n° 1 la répartition de la pluviométrie et des températures du Burundi en fonction de l'altitude, tirée des documents du Ministère de l'Eau, de l'Aménagement du Territoire, de l'Environnement et de l'Urbanisme⁷.

Tableau n°1 : Répartition de la pluviométrie et de la température en fonction de l'altitude au Burundi.

Régions écoclimatiques	Pourcentage de la superficie totale (%)	Altitude (en mètre)	Température moyenne annuelle (°C)	Pluie moyenne annuelle (en mm)
Plaine occidentale de l'IMBO	7%	774 - 1100	Sup. à 23 °C	800-950
Escarpement occidental de MUMIRWA	10%	1000 - 1800	18°C – 28°C	1000 - 1400
Crête Congo-Nil	15%	1800 - 2670	14°C -15°C	1500 – 2000
Les hauts plateaux centraux	52%	1500 - 2000	17°C – 20°C	1200 – 1500
Les plaines orientales	16%	1000 - 1200	20°C – 22°C	750 - 1250

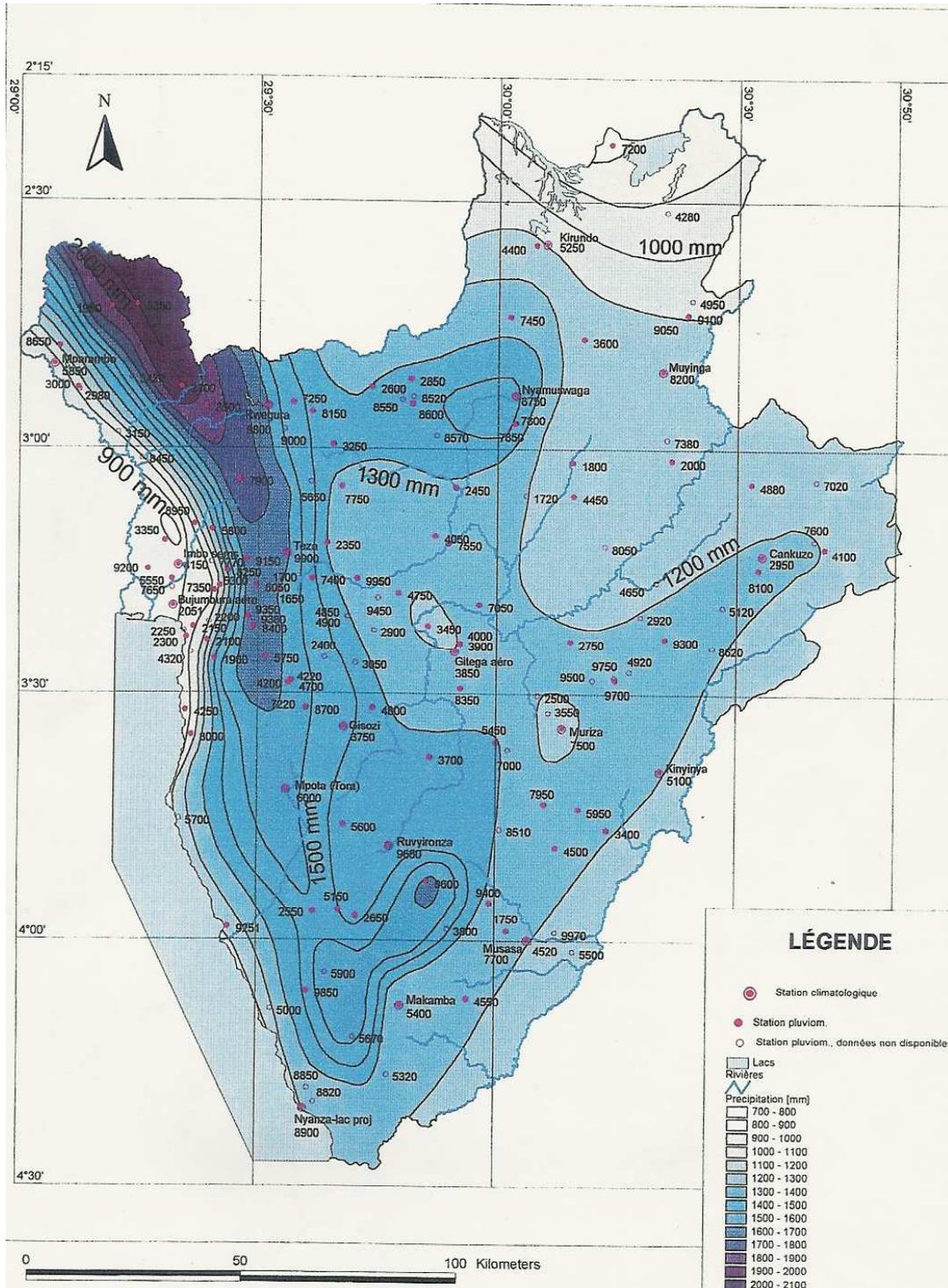
Le régime annuel des températures donne des mois les plus chauds juste avant la saison des pluies en septembre ou en octobre selon les lieux et les années ; le mois le plus frais est généralement juin à l'entrée de la saison sèche. Le régime thermique suit le rythme des précipitations.

⁶ SINARINZI Evariste, Etude de base sur la mise ne œuvre du Mécanisme de Développement Propre et proposition de projets MDP pour le Burundi, Rapport final, ONUDI/BURUNDI, Décembre 2005.

⁷ MINATTE, Rapport annuel sur l'état de l'environnement, Février 2005.

La pluviométrie moyenne annuelle oscille entre 800-1200 mm dans les régions de l'Imbo et celles de Kumoso ; 1200-1400 mm dans les plateaux et les dépressions de Bugesera et de 1400 mm à plus de 2000 mm dans les régions de hautes montagnes. La figure n° 4 ci-dessus donne la répartition des moyennes annuelles des précipitations sur le territoire national.

Figure n° 2. Répartition des précipitations moyennes annuelles



Source : Prof. Stanislas NSABIMANA, Etude de la vulnérabilité et de l'adaptation aux changements climatiques, Secteur des Paysages, PNUD/MINATTE, Octobre 2008.

précipitations et des températures consécutives aux changements climatiques auront-elles souvent des impacts négatifs sur le mode d'existence de la population burundaise. La dépression du Bugesera en province de Kirundo n'est traversée par aucun cours d'eau venant d'ailleurs et ne dispose pratiquement pas de sources. Les communes de Busoni et de Bugabira en province de Kirundo présentent une nette tendance à la désertification depuis plus d'une décennie.

1.1.5. La population du Burundi

La population du Burundi est évaluée à 8.038.618 habitants avec environ 3.926.867 hommes et 4.111.751 femmes au 15 août 2009⁹. La population masculine représente 48,9 % pour une population féminine de 51,1 %. Suivant les mêmes résultats préliminaires, il y a 95,5 hommes pour 100 femmes au niveau national. Le rapport de masculinité est le plus élevé à Bujumbura où on compte 121 hommes pour 100 femmes. Avec 289 habitants/km², la densité de la population du Burundi est parmi les plus élevées d'Afrique qui compte une moyenne de 18 hab/km² en Afrique Centrale. Dans les 17 provinces que compte le pays, les provinces de Gitega et de Ngozi sont les plus peuplées avec respectivement des pourcentages de 8,9% et de 8,2%. La mairie de Bujumbura présente une population de 478.155 habitants, soit 5,9% de la population totale. La province de Kirundo et de Muyinga présente chacune un pourcentage de 7,9% de la population totale du pays. Quant à la province de Cankuzo, elle est la moins peuplée avec un pourcentage de 2,8%.

1.1.6. L'économie du Burundi

Le Burundi est un pays essentiellement agricole. L'agriculture et l'élevage contribuent pour une fraction généralement entre 40% et 60 % du PIB. Les exportations agricoles (café, thé, coton, ...) représentent 70 à 85 % des recettes d'exportation. Les secteurs agricole et informel procurent des emplois à plus de 93 % de la population active occupée. Le secteur secondaire, en général, concourt à peine pour 20 % du PIB et emploie moins de 3 % de la population active occupée. Le secteur tertiaire contribue pour près de 30 % au PIB et occupe plus ou moins 4,5 % de la population active.

L'agriculture constitue la première activité car elle est pratiquée par plus de 90% de la population active et occupe 50% de la superficie des terres du Burundi. Les agriculteurs exploitent de manière individuelle des terres privées qu'ils ont acquises d'après le droit coutumier (par héritage de père en fils). Les exploitations sont de petite taille suite aux morcellements au cours du partage de génération en génération et très peu d'entre elles atteignent 1 hectare de superficie. La production agricole a connu une baisse sensible, à cause de la guerre mais aussi de la dégradation du patrimoine foncier et des techniques agricoles peu performantes.

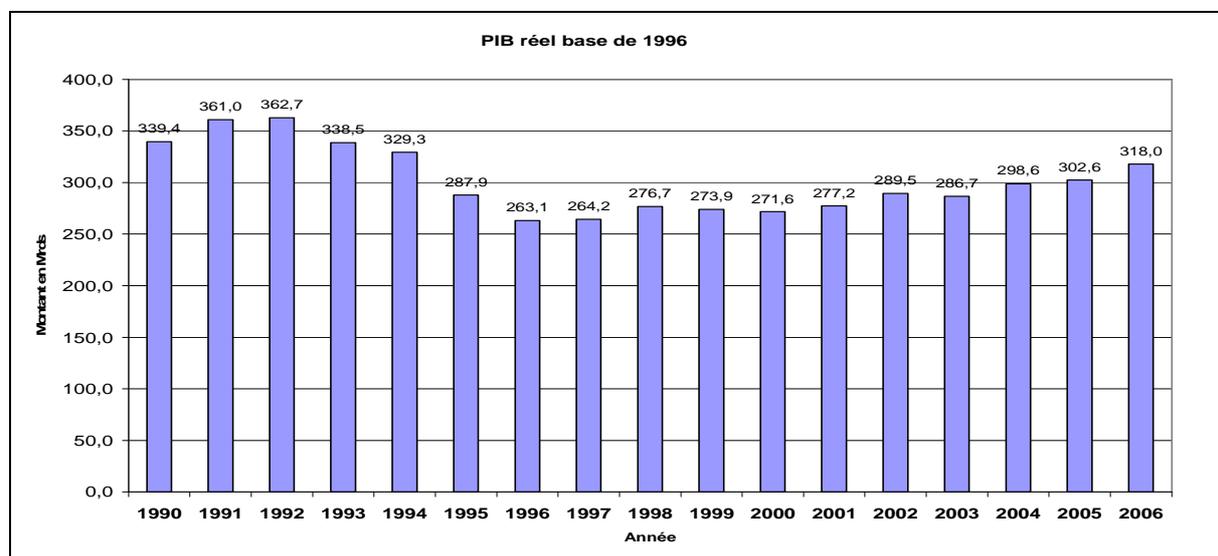
L'élevage a également connu un déclin dans les mêmes proportions que l'agriculture, si ce n'est pas plus grave. Le cheptel en général a été réduit d'une part suite au vandalisme pendant la guerre, d'autre part suite à la réduction d'espace de pâturage qui ne permet pas un élevage traditionnel du type extensif. Quant à la pêche, la population riveraine du lac Tanganyika et des petits lacs du Nord (COHOHA, RWERU, RWIHINDA, GACAMURINDA, KANZIGIRI) pratique une pêche artisanale avec des filets qui ont des mailles qui ramassent même les alevins, ce qui contribue à la réduction du stock de poisson.

⁹ Décret n° 100/11 du 16 janvier 2009 portant publication des résultats préliminaires du troisième Recensement général de la population et de l'habitation du Burundi de 2008.

Le produit intérieur brut

Le Produit intérieur brut (PIB) du Burundi est de 318 milliards FBU en 2006, soit un montant de 255 millions \$US et son taux de croissance réelle est de 5,5% (graphique n°1).

Graphique n°1: Evolution du PIB réel en milliards de FBU



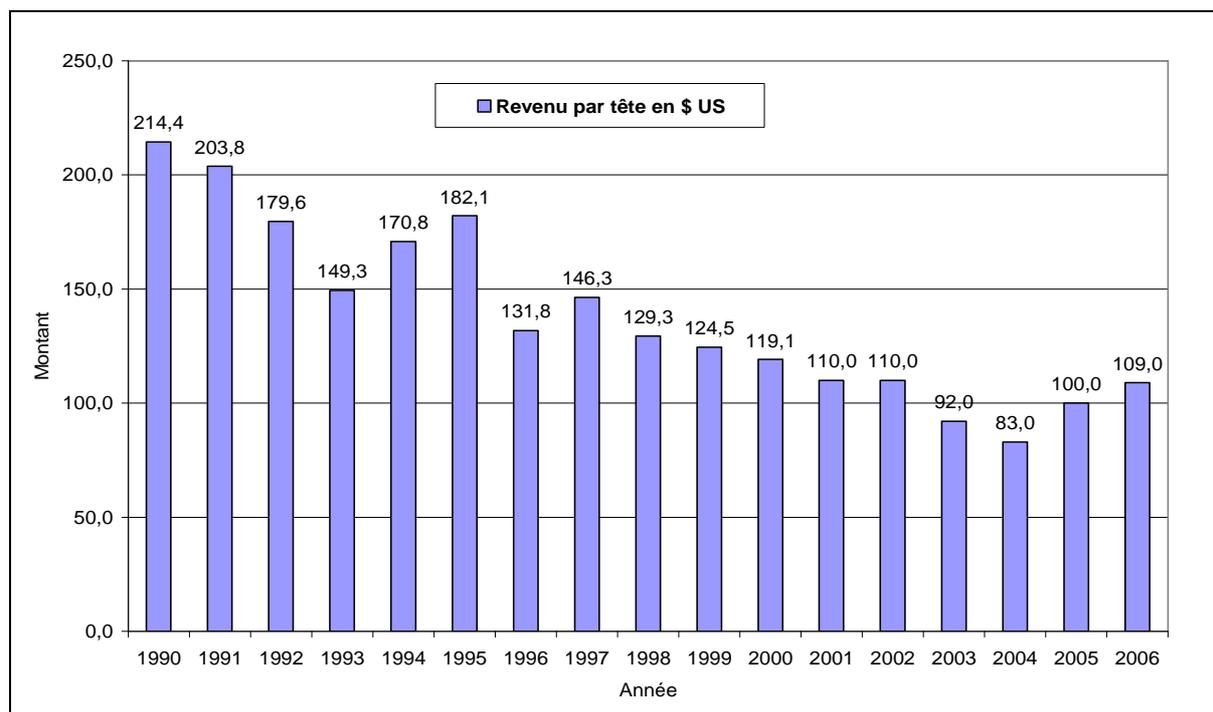
Source : Données du Service de Planification Macroéconomique, 2006, MPDR

Les perspectives de croissance de l'économie du Burundi se présentent sous de meilleurs auspices au regard du nouveau contexte national de rétablissement des principes fondamentaux de l'économie et de consolidation progressive du fonctionnement des institutions démocratiques du pays. Les taux de croissance projetés varient d'une estimation à une autre. Les projections du CSLP tablent sur un taux de croissance variant entre 5,3 % et 6,6 % entre 2007 et 2010. Cette croissance relativement vigoureuse se justifierait par les importants chantiers de reconstruction du pays et la reprise des activités agricoles.

Le revenu annuel par habitant

Le revenu annuel par habitant est en baisse depuis l'année 1990. Il est passé de \$US 214,4 en 1990 à \$US 182,1 en 1995 et à 109 \$US en 2006, soit une diminution de plus de la moitié en 10 ans, à cause la chute de la production consécutive à la crise socio-économique qu'a connu le pays depuis plus d'une décennie comme cela apparaît dans le graphique n° 2 ci-après.

Graphique n°2: Evolution du revenu par tête d'habitant en dollars US par an



Source : MPDR, Service de Planification Macroéconomique, Rapport de l'économie burundaise 2006

1.2. Description des secteurs concernés par la vulnérabilité et l'adaptation

Les domaines soumis à l'évaluation sont :

- Les paramètres du climat
- Les ressources en eau
- L'énergie
- L'agriculture et l'élevage
- La santé
- Les écosystèmes humides
- Les écosystèmes terrestres
- Les paysages

1.2.1. Les paramètres du climat considérés dans l'étude

Les changements climatiques dont il sera question dans cette étude, concernent certains paramètres météorologiques importants tels que la pluviométrie, la thermométrie, les vents, le rayonnement solaire etc qui sont prévisibles dans le temps à l'horizon 2050 à partir d'une situation climatologique de base établie. Dans le cas du Burundi, les paramètres météorologiques ou climatiques considérés dans cette étude sont les précipitations et les températures.

Lors d'une réunion de lancement des travaux du projet relatifs au volet « Vulnérabilité et Adaptation », les experts ont ciblé de commun accord les régions suivantes : Bugesera, Kumoso, Imbo et Mugamba. Ces régions ont été frappées par des événements climatiques extrêmes dans l'histoire récente du Burundi. En plus de cela, la disponibilité des données climatologiques est l'une des raisons qui a été à la base de ce choix.

Les données climatologiques utilisées ont été fournies par l'Institut Géographique du Burundi, qui est l'administration nationale mandatée pour la mise en place de la banque des données hydrométéorologiques. Les détails de ces données sont décrits dans le tableau n° 2 :

Tableau n° 2: Paramètres météorologiques utilisés.

Station d'observation météorologique	Paramètre		Coordonnées géographiques (Alt.,long,lat.)	Période d'observation
Bujumbura	Thermométrie	Température maximale	(785m, 29° 21'E 3° 21'S)	1974-2006
		Température minimale		1974-2006
	Pluviométrie	journalière		1974-2006
Musasa	Thermométrie	Température maximale	(1260m, 30° 06'E 4° S)	1974-2006
		Température minimale		1974-2006
	Pluviométrie	journalière		1974-2006
Kirundo	Thermométrie	Température maximale	(1420m,30° 07'E 2° 35'S)	1974-2006
		Température minimale		1974-2006
	Pluviométrie	journalière		1974-2006
Gisozi	Thermométrie	Température maximale	(2155m,29° 21'E 3° 21'S)	1975-2006
		Température minimale		1975-2006
	Pluviométrie	journalière		1974-2006

Le choix des stations météorologiques a été dicté par leur emplacement dans les zones éco-climatiques considérés comme étant les plus vulnérables.

1.2.2. Les ressources en eau

Selon le degré de sensibilité aux changements climatiques, le Burundi est divisé en 5 zones éco-climatiques à savoir :

- La plaine de l'Imbo à l'Ouest
- L'escarpement des MUMIRWA
- La Crête Congo-Nil
- Les Plateaux Centraux
- Les dépressions du Kumoso à l'Est et de Bugesera au Nord-Est du pays

Les 4 premières zones ayant déjà été étudiées lors de la Première Communication Nationale sur les changements climatiques, l'étude sectorielle sur les ressources en eau a porté sur la dépression du Kumoso et la dépression du Bugesera.

1.2.2.1. La Dépression du Kumoso

La dépression du Kumoso est caractérisée par une végétation clairsemée rappelant celle des régions semi-arides de la Tanzanie voisine. L'hydrographie y est très peu dense, les sources d'eau potable sont rares et très éloignées les unes des autres. La pluviométrie moyenne est de l'ordre de 1200 mm/an, tandis que la température moyenne dépasse 21°C, entraînant ainsi une perte accrue d'eau par évaporation.

Les rivières qui traversent cette région prennent naissance dans des régions voisines du Bututsi, du Kirimiro et du Buyogoma, qui elles mêmes sont affectées par la variabilité climatique actuelle, c'est à dire une diminution progressive des débits des cours d'eau.

La population peu dense vit de l'agriculture. Le revenu monétaire de la population provient de la vente des produits vivriers et de la bière de banane en particulier, culture dont le rendement dépend largement de la bonne pluviosité.

1.2.2.2. La Dépression du BUGESERA au Nord-Est

Cette région couvre une grande partie de la province de Kirundo et une petite partie de la province Muyinga. Elle est caractérisée par une faible pluviosité (800 mm/an) et une température moyenne de l'air autour de 21°C entraînant une perte d'eau disponible par évaporation. Sa population vit de l'agriculture pluviale et de l'élevage. Depuis bientôt dix ans, la région subit une forte perturbation du régime climatique, qui se traduit par le début tardif des pluies avec comme conséquence, la baisse de la production agricole qui a comme corollaires la famine, la perte des vies humaines et du bétail, le déplacement des populations, etc.

Dans cette région, il n'y a pas assez de cours d'eau, ni de points d'eau potable. Dans certaines communes, comme Bugabira, Busoni et Giteranyi la population parcourt une longue distance allant jusqu'à plus de 15 Km à la recherche d'un point d'eau potable. Les visites menées sur terrain et plus précisément sur les bords des lacs du Nord nous ont fait découvrir que les niveaux de ces derniers ont diminué à tel point que l'eau s'est retirée à certains endroits jusqu'à plus de 100 m vers leur centre, alors qu'ils étaient naturellement peu profonds. La population à la quête des zones humides pour cultiver suit le retrait de cette masse d'eau des lacs (le cas du lac Cohoha), ce qui perturbe l'environnement en général, et aquatique en particulier.

1.2.3. Le secteur de l'énergie

1.2.3.1. Le bilan énergétique du Burundi

Le bilan énergétique de l'année 2006 montre que l'alimentation en énergie au Burundi est assurée à 94,06% par les combustibles provenant de la biomasse tels que le bois de feu, le charbon de bois et les résidus agricoles ainsi que la tourbe. Les ressources énergétiques se

répartissent de la façon suivante dans le bilan énergétique: Biomasse 94,06% ; Electricité 4,27% ; Produits pétroliers 1,65% et autres formes d'énergies 0,02%.

L'économie burundaise est tributaire de la disponibilité des produits pétroliers qui sont importés. La valeur des importations des produits pétroliers représente en effet 15,1% des importations totales en 2004 alors qu'elle était de 12,6% en 2000 à cause de l'accroissement du prix du baril de pétrole sur le marché international et de la détérioration de la monnaie burundaise.

Le biogaz, l'énergie éolienne et l'énergie solaire occupent encore une place marginale dans le bilan énergétique. Le Burundi bénéficie en effet d'un ensoleillement variant entre 4.6 et 5,1 kWh/m²/j dans les plaines et de 3,3 à 4 kWh/m²/j dans les hautes altitudes. Des vitesses de vent oscillant entre 4 et 6 m/s sont également enregistrés. Les réserves de tourbe sont estimées à environ 100 millions de tonnes dont 55 millions sont considérés comme étant économiquement exploitables.

1.2.3.2. La production hydroélectrique et consommation d'électricité au Burundi

Le Burundi a un potentiel hydroélectrique de 1.700 MW dont 300 MW sont économiquement et techniquement exploitables. La puissance installée est de 32 MW, soit environ 10% du potentiel. Elle est générée par 24 microcentrales dont la centrale de Rwegura a une puissance de 18 MW. L'électricité consommée au Burundi est d'origine hydroélectrique principalement. La centrale thermique de Bujumbura qui a une puissance de 5,5 MW n'aurait fonctionné qu'un mois pendant la période d'embargo en 1996. Avec le déficit énergétique observé sur le réseau interconnecté dès l'année 2003, plusieurs opérateurs économiques ont acquis des groupes électrogènes en vue de satisfaire leurs besoins en énergie avec des coûts élevés du carburant. Les moyens de production sont déjà en saturation alors que le taux de croissance de la demande reste très élevé. Le déficit sur le réseau électrique se manifeste par des délestages généralisés et systématiques ; il était évalué à 15 MW en 2006. La production du réseau national est de 164 GWh en 2004, de 171 GWh en 2005 et de 152 GWh en 2006. Pour couvrir ses besoins en électricité, le Burundi importe l'énergie à partir des centrales hydroélectriques communautaires de Rusizi I /SNEL et de Rusizi II /SINELAC, respectivement pour 4 et 8,3 MW.

La consommation d'électricité est évaluée à 23 kWh par habitant et par an en 2006. La consommation était de 105,2 GWh en 2006. D'autre part, le taux d'électrification (rapport entre le nombre de ménages électrifiés et le nombre total de ménages à l'échelle nationale) est estimé à 2,5 %. Les pertes techniques et commerciales sont évaluées à 30% en 2005 et ont augmenté jusqu' à 30,89% en 2006 suite au vieillissement et à l'insuffisance d'entretien et des diverses fraudes. Des efforts devraient ainsi être consentis pour réduire les pertes globales à une valeur inférieure à 15%. Près de 90 % de la consommation de l'électricité est concentrée dans la capitale Bujumbura. Le nombre d'abonnés est de 37.414 clients en 2006 contre 34.831 en 2005, soit un accroissement annuel moyen de 7,4%.

1.2.3.3. La consommation du bois-énergie

Le bois de feu représente la principale source d'énergie utilisée par les ménages pour leurs besoins culinaires. Il représente 81 % dans le bilan énergétique total du Burundi près de 86 % de la consommation de la biomasse. Le bois de feu est consommé à 76% par le milieu rural

privé d'électricité alors que le milieu urbain consomme plutôt le charbon de bois pour la cuisson des aliments qui représente 9,2% de la consommation de la biomasse (tableau n° 3).

Tableau n° 3 : La consommation de la biomasse au BURUNDI (2006)

n°	Type	Quantité en tonnes	Quantité en TEP	Bilan
1	Bois	6 228 740	2 491 496	85,7%
2	Déchets végétaux	364 437	145 775	5,0%
3	Charbon de bois	382 110	267 477	9,2%
4	Tourbe	8 528	3 411	0,1%
Total			2 908 159	100,0%

Source: Ministère de l'Eau, de l'Energie et des Mines, Février 2008

Le bois et ses dérivés sont les principales ressources énergétiques du pays. Cependant, on ne dispose pas de données statistiques fiables dans ce sous-secteur et encore moins sur sa répartition au niveau des zones géographiques. La situation du secteur forestier du Burundi est reprise dans le tableau n° 4 extrait du Rapport publié par la FAO en 1999¹⁰.

Tableau n° 4 : Situation forestière du Burundi de 1992 à 1997

Type de forêt	Superficie en 1992 en ha	Superficie en 1997 en ha	Causes des variations des superficies boisées (ha)
Boisements domaniaux	80.000	56.000	appropriation désordonnée des forêts par les déplacés, les regroupés
Boisements communaux	11.000	7.000	Coupes illicites, feux, installation des déplacés et des regroupés
Plantations agroforestières + micro boisements privés	60.000	61.000	Poursuite de certaines actions de plantation
Formations naturelles	55.000	50.000	Cultures vivrières dans les forêts naturelles, feux.
Total	206.000	174.000	32.000 hectares détruits pendant la crise de 1993.

Source : Rapport FAO, 1999.

NB : Après cette date, il n'a pas été possible de disposer d'une source fiable sur la situation exacte des forêts et des boisements au Burundi.

Les rendements de carbonisation du charbon sont de 10% entraînant une perte de 90 % du bois utilisé¹¹. Avec des techniques améliorées de carbonisation, on pourrait atteindre des rendements de l'ordre de 20% permettant ainsi d'économiser la ressource bois-énergie. La filière est faiblement monétarisée et sa contribution au PIB reste faible (entre 1 et 2%). La forte consommation de bois fait que la superficie des forêts et des espaces boisés diminue. Le bois de feu est de plus en plus rare compte tenu des distances parcourues pour sa recherche estimées à plus de 3 heures de marche¹².

¹⁰Ndikumagenge, Cl., Bois, énergie et autres, SNEB, 1997, p.3, cité par la FAO dans le [Rapport d'étude sur les données du bois-énergie au Burundi, préparé par François NKURUNZIZA, 1999](http://ftp.fao.org/docrep/fao/004/X6783F/X6783F00.pdf) ; <http://ftp.fao.org/docrep/fao/004/X6783F/X6783F00.pdf>

¹¹ Cléto NDIKUMAGENGE et Salvator NDABIRORE, [Le bois –énergie au Burundi : un enjeu majeur pour la filière africaine](http://www.boisforet-info.com/bfi2/outil_imp.asp?art=2075), in Bois-Forêt Info Magazine, n° 2075, 20 octobre 2003 http://www.boisforet-info.com/bfi2/outil_imp.asp?art=2075

¹² Cléto NDIKUMAGENGE, Ibidem.

1.2.3.4. La sensibilité du secteur de l'énergie aux changements climatiques

Les changements climatiques affectent les ressources hydroélectriques et le sous-secteur du bois-énergie. Ces deux sous-secteurs feront l'objet d'une analyse plus approfondie.

Les ressources hydroélectriques et les changements climatiques

Le climat influence la production, la consommation et le transport d'électricité. Les ressources hydroélectriques sont tributaires des débits des différentes rivières qui dépendent eux-mêmes de la hauteur et de la fréquence des précipitations. La situation actuelle de la production actuelle de l'hydroélectricité peut être illustrée par la centrale hydroélectrique de Rwegura en 2008. La surexploitation de la centrale hydroélectrique combinée aux effets des changements climatiques a amené à un dénivellement de la retenue de l'ordre de 10 m, ce qui allait atteindre le niveau de la prise d'eau, donc de l'arrêt de la centrale.

Les photos ci-dessous montrent la fluctuation du niveau de la retenue de Rwegura, au niveau de l'évacuateur des crues, par rapport à la pluviométrie.

Photo n°1: Niveau de la retenue en 2004



Photo n°2: Niveau de la retenue en 2007



Photo n°3: Niveau de la retenue en 2008

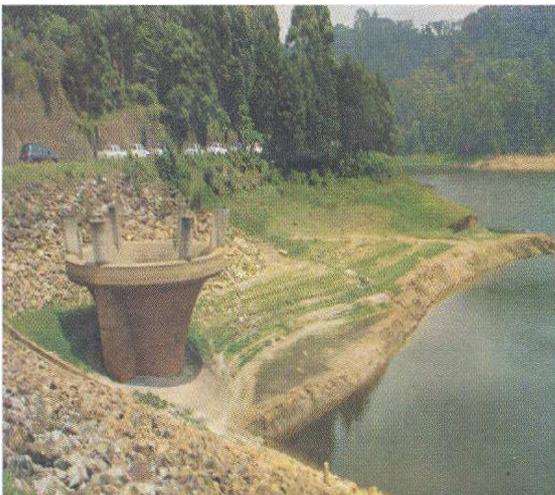
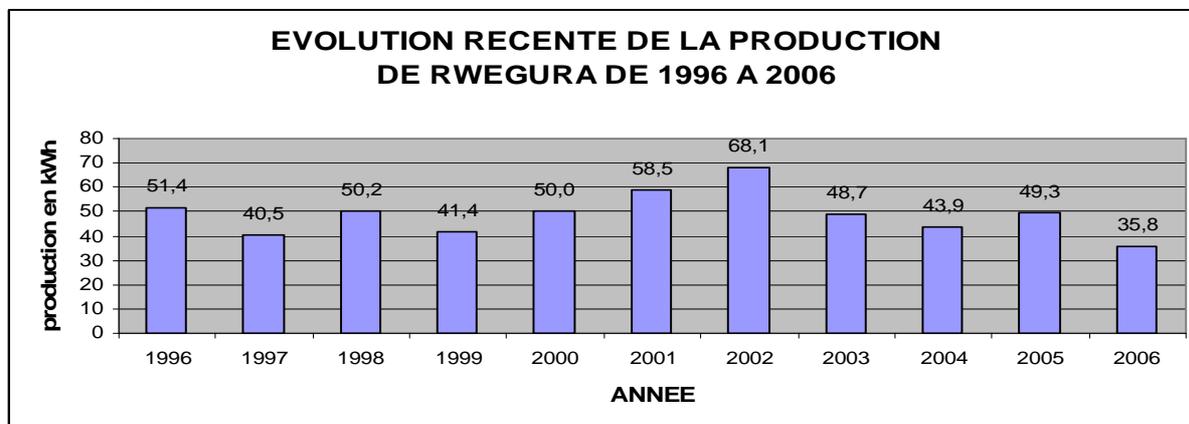


Photo n°4: Assèchement de la retenue en 2008



La baisse de production consécutive est illustrée par la figure n° 4 sur la production de Rwegura passée de 68,1 GWh en 2002 à 35,8 GWh en 2006 suite à la sécheresse récurrente qui a frappé le pays entre 2003 et 2005.

Figure n° 4 : Production annuelle de la centrale hydroélectrique de RWEGURA.



L'envasement des centrales hydroélectriques

Dans le cadre de la production hydroélectrique, les consultants du secteur de l'énergie ont également analysé le phénomène d'envasement des barrages de retenue des centrales hydroélectriques comme un autre exemple des impacts des changements climatiques sur la production hydroélectrique. L'analyse de l'envasement a été faite sur quelques centrales hydroélectriques qui ont fait l'objet d'une visite de terrain au cours du mois de février et mars 2008, à savoir les centrales de MUGERE, MARANGARA, BUHIGA et KAYENZI qui font actuellement face à des problèmes épineux de fonctionnement suite aux effets néfastes des changements climatiques.

La centrale de MUGERE fait l'objet de curages de fonds deux fois par an pendant une période de 12 jours à chaque fois, étendus sur 4 semaines. La conséquence de ce phénomène est que des herbes envahissent la retenue à cause de l'avancée des monticules de terre dans le lac de retenue réduisant ainsi la surface de la retenue jusqu'aux abords du barrage lui-même.

C'est aussi le cas de la centrale hydroélectrique de KAYENZI, de MARANGARA et de BUHIGA où la surface du lac de la retenue est réduite progressivement suite à l'assèchement de la retenue avec une partie du lac de retenue, auparavant remplie d'eau, aujourd'hui envahie par la végétation. Cette situation résulte de l'érosion des sols dédiés à l'agriculture autour des lacs de retenue des centrales hydroélectriques entraînant une réduction de la production hydroélectrique par la réduction du volume utile de la retenue. Des mesures administratives visant à sauvegarder et/ou étendre la zone de protection autour des centrales hydroélectriques concernées doivent être mises en place.

L'offre de bois-énergie

L'analyse de l'offre et de la demande de bois de feu et du charbon de bois montre que le secteur connaît un problème particulier de réduction des réserves consécutivement à la sécheresse qui a prévalu dans la sous-région des Grands Lacs au cours de ces dernières années

mais aussi à cause de la pression de l'homme à la recherche des terres pour l'agriculture et de la consommation excessive du bois et du charbon de bois.

Des problèmes sont également observés suite à la surexploitation et utilisation peu efficace des énergies traditionnelles et à la destruction du patrimoine par les feux de brousse sans que des plantations de rechange ne soient implantées réduisant ainsi les ressources en bois du pays.

1.2.4. L'agriculture et l'élevage

Le Cadre Stratégique de Lutte contre la Pauvreté (CSLP) et la Stratégie Agricole Nationale (SAN) donnent une place de choix à l'agriculture et à l'élevage en vue de relancer l'économie nationale. En référence à la Politique Sectorielle du Ministère de l'Agriculture et de l'Élevage (Relance et Développement Durable du Secteur Agricole (2006-2010), il a été relevé qu'avant la crise d'octobre 1993, le Burundi jouissait d'une autosuffisance alimentaire reposant essentiellement sur les récoltes des cultures vivrières. La consommation des lipides et des protéines d'origine animale était cependant très limitée. Il en est de même des fruits et légumes. Sur le plan équilibre alimentaire, la couverture énergétique est assurée à 75 %, celle en protéines à 40 % et celle en lipides à 22 %. La population accuse donc un déficit alimentaire très alarmant. De ce fait, 68 % des ménages sont classés dans des groupes à risque d'insécurité alimentaire, 16 % en situation d'insécurité alimentaire chronique, 11 % faiblement vulnérables et seulement 5 % sans problème criant de sécurité alimentaire.

1.2.4.1. Le secteur de l'agriculture

L'économie du Burundi repose sur l'agriculture qui crée des emplois pour plus de 90% de la population rurale. Le secteur agricole est caractérisé par une agriculture de subsistance pratiquée par environ 1,2 millions de ménages faiblement monétarisés et exploitant chacun 0,5 ha en moyenne. Les cultures vivrières occupent 90% des superficies cultivées et contribuent à 46% du Produit Intérieur Brut (PIB). Les productions de l'agriculture sont essentiellement destinées à l'autoconsommation des ménages. Elles sont considérées par ordre d'importance en volume de production à savoir la banane, les plantes à racines et tubercules (patate douce, manioc, colocase, pomme de terre, igname...); les légumineuses (haricot, petit pois,), les céréales (maïs, sorgho, riz, élusine...), les légumes et fruits variés ainsi que les oléagineux (palmier à huile, tournesol, soja, arachide...).

Les cultures industrielles (café, thé, coton, palmier à huile, canne à sucre, tabac...) occupent 10% des terres cultivées. Elles contribuent à 4% du PIB et fournissent plus de 90% des recettes d'exportation ; le café fournit environ 80% et le thé 10%.

La majorité de toutes les espèces de cultures vivrières se pratiquent dans tout le pays et par tous les ménages d'exploitations agricoles (haricot, maïs, sorgho, patate douce...). Quelques cultures comme la bananeraie, le soja, le pois cajan, l'arachide et le riz, ont des exigences agro-écologiques spécifiques. Elles ne s'adaptent que dans les régions de basses et moyennes altitudes. Par contre, la pomme de terre, le blé et le petit pois ne s'adaptent aisément que dans les régions de haute altitude.

1.2.4.2. L'élevage

L'élevage joue un rôle très important dans le système d'exploitation agricole burundais. Le pays compte en 2008 environ 1.200.000 exploitations dont 700.000 exploitations pratiquent l'élevage. Parmi les exploitations pratiquant l'élevage, 20% possèdent des bovins, 45% des petits ruminants et 5% des porcs. Le reste pratique un élevage mixte. La crise socio-politique qui a éclaté en octobre 1993 a fortement touché le secteur d'élevage. Ainsi selon une évaluation réalisée en 1997, les pertes en têtes de bétail étaient estimées à 32% pour les bovins, 40% pour les caprins, 51% pour les ovins et respectivement 67% et 80% pour les porcins et les animaux de basse - cour.

Quant aux activités de pêche et de pisciculture, elles ont été également perturbées suite à l'insécurité sur le lac Tanganyika et dans des zones possédant des étangs piscicoles (Karuzi, Kayanza, Bujumbura Rural, etc). La moyenne des captures de poissons a baissé de 24 000 tonnes en 1992 à 14 000 tonnes en 2004 soit un taux de 41% de chute. Cela a aussi entraîné la flambée des prix de la viande sur les marchés.

1.2.4.3. Les secteurs sensibles aux changements climatiques

Les perturbations climatiques (sécheresse prolongée et grêle ponctuelle et localisée) sont venues aggraver une situation alimentaire déjà précaire et restent en grande partie la cause principale des famines perpétrées surtout dans le Nord-Est du pays avec une répercussion économique sensible dans les autres régions du pays. L'ampleur d'une sécheresse induite a causé des cas extrêmes et fréquents de déplacements de la population du Nord vers les régions des pays limitrophes surtout dans le Bugesera vers le Rwanda, sans devoir parler des cas de morts des familles très vulnérables.

Des programmes de relance de la production de l'agriculture et de l'élevage devront être mis en œuvre à l'échelle nationale et internationale en réponse à des catastrophes naturelles de nature diverses et cycliques induites par les changements climatiques. Au Burundi, les rendements de l'agriculture et de l'élevage sont tributaires des conditions climatiques dont particulièrement de la régularité et de l'intensité des précipitations.

Les sous-secteurs devant faire l'objet d'étude sont notamment la production vivrière et l'évolution du cheptel bovin, ovin, caprin, porcine et la volaille dans les zones jugées à plus grande vulnérabilité de Bugesera, Imbo centre et du Kumoso ainsi que les cultures vivrières.

1.2.5. Les paysages

Sur le plan topographique et éco-climatique, le Burundi est subdivisé en 5 régions éco-climatiques. De l'Ouest vers l'Est, on distingue : les terres basses de l'Imbo, la région escarpée de MUMIRWA, la zone montagneuse (la Crête Congo-Nil), les plateaux centraux et les dépressions du Kumoso et du Bugesera.

- **Les basses terres de l'Imbo** à l'ouest, occupent 7% de la superficie du pays. Dans cette zone, la température moyenne annuelle est comprise entre 23 et 24°C. La pluviométrie moyenne annuelle varie entre 800 et 950 mm.
- **La zone escarpée de MUMIRWA** couvre 10% de la superficie du pays et son altitude varie entre 1000 et 1800 m environ. La température moyenne annuelle varie entre 23°C dans la partie basse et 18°C dans la partie haute. La pluviométrie

moyenne annuelle varie entre 1000 mm dans la partie basse et 1400 mm dans la partie haute.

- **La zone montagneuse** (crête Congo- Nil) représente 15% de la superficie du pays. Son altitude varie entre 1800 et 2500 m. La température moyenne annuelle est de 14°C. La pluviométrie moyenne annuelle varie entre 1500 et 2000 mm.
- **Les plateaux centraux** couvrent 52% de la superficie du pays et leur altitude varie entre 1500 et 2000 m. La température moyenne annuelle est comprise entre 16°C dans la partie la plus élevée et 20°C vers les 1500 m. La pluviométrie moyenne annuelle est comprise entre 1200 et 1500 mm.
- **Les dépressions du Kumoso et du Bugesera** représentent 16% de la superficie du pays. Leur altitude varie entre 1100 et 1500 m. La température moyenne annuelle varie entre 20 et 22°C. La pluviométrie moyenne annuelle est comprise entre 1100 et 1250 mm dans le Kumoso et entre 750 et 1100 mm dans le Bugesera.

L'étude de la vulnérabilité des paysages a focalisé son attention sur les basses terres de la région d'Imbo-Centre; la région escarpée de MUMIRWA et la dépression du Kumoso en analysant principalement les impacts des précipitations et des événements climatiques extrêmes tels que les sécheresses prolongées et les fortes précipitations.

1.2.6. Les écosystèmes humides

Comme cela est stipulé dans l'article 1 de la Convention Ramsar sur les zones humides de 1971, " Les zones humides sont des étendues de marais, de fagnes, de tourbières, d'eaux naturelles ou artificielles, permanentes ou temporaires, où l'eau est stagnante ou courante, douce, saumâtre ou salée, y compris des étendues d'eaux marines dont la profondeur à marée basse n'excède pas six mètres ". Ces zones humides se trouvent en lisière de sources d'eau, de ruisseaux, de lacs, de bordures de mer, de baies, d'estuaires, dans les deltas, dans les dépressions de vallée ou dans les zones de suintement à flanc de collines. Elles incluent également les lacs et les cours d'eau profonds (plus de 6 m de profondeur).

Dans cette étude, les écosystèmes naturels humides considérés sont ceux couverts par de l'eau d'une manière permanente ou temporaire, à savoir les lacs, les cours d'eau de toutes tailles, les étangs et les lagunes, les marécages, les parties de plaines et de vallées inondées en permanence, ou à une fréquence saisonnière ou interannuelle. Les plus intéressants pour cette étude auront été le Lac Tanganyika, le delta de la Ruzizi, les marais de l'Akanyaru et de la Kagera ainsi que les marais de la Malagarazi à la frontière avec la Tanzanie. Ces écosystèmes, qui sont soumis à des pressions diverses, représentent un potentiel économique important pour le pays et il existe des données historiques suffisantes sur les conditions climatiques qui ont prévalu et les impacts qu'elles ont eus sur ces écosystèmes, tels qu'il est possible de faire des projections sur le futur.

1.2.6.1. Le lac Tanganyika

Selon Wikipédia¹³, le lac Tanganyika, est l'un des grands lacs d'Afrique, deuxième lac africain par la surface après le lac Victoria, le deuxième au monde par le volume et la profondeur après le lac Baïkal. Il est le plus poissonneux du monde. Ses eaux rejoignent le bassin du Congo puis l'océan Atlantique à travers l'exutoire de la rivière Lukuga à Kalemie en RDC. Sa formation remonterait à environ 20 millions d'années (Miocène). Avec une superficie de

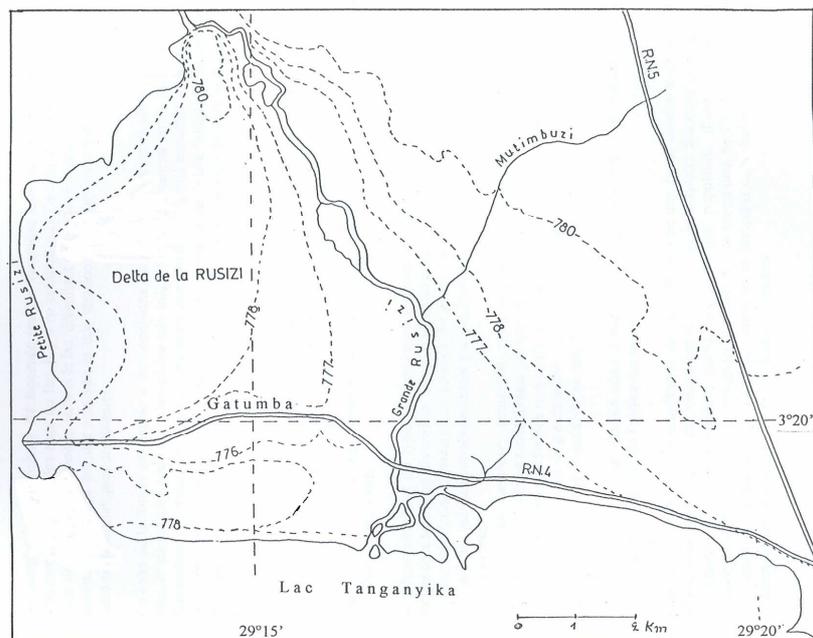
¹³ http://fr.wikipedia.org/wiki/Lac_Tanganyika

32.900 km², le lac s'étire sur une longueur de 673 km le long des côtes de la Tanzanie, du Burundi, de la Rdcongo, de la Zambie et du Zimbabwe. Le lac Tanganyika fait partie du bassin hydrographique du Congo ; son bassin versant couvre une superficie de 250.000 km² avec comme principales rivières la Malagarazi, la Ruzizi, la rivière Ifume, la Lufubu et la Lunangwa. Sa profondeur maximale est de 1433 m et sa largeur moyenne est de 72 km.

1.2.6.2. Le Delta de la Rusizi

La Rusizi est la principale rivière qui se jette dans le lac Tanganyika dans sa partie Nord. Son débit moyen de l'ordre de 210 m³/s avec des extrêmes de 148 m³/s vers la fin de la saison sèche, à 282 m³/s vers la fin de la saison des pluies, qui conditionne la morphologie du lac à l'embouchure de la Rusizi. Parallèlement à la ligne de côte à l'extrémité Nord du lac Tanganyika, une dune qui s'élève jusqu'à 778 m isole plus ou moins une lagune sous eau quand le niveau atteint ou dépasse 775 m, ou fragmenté en deux étangs isolés (ou même à sec) quand le niveau baisse en dessous de 775 m. Les fluctuations périodiques et interannuelles dans l'extension horizontale du lac agrandissent (ou réduisent selon le cas) la zone littorale lacustre, avec des impacts considérables sur les organismes aquatiques et notamment les poissons dont beaucoup d'espèces recherchent les zones peu profondes pour se nourrir et se reproduire (Figure n° 5).

Figure n° 5: Niveaux altimétriques dans le Delta de la Rusizi (Ntakimazi et al. 2000)



Le delta de la Rusizi est soumis à des conditions écologiques diverses et sévères. Son relief plat, le climat très aride avec des pluies très inégalement réparties au cours de l'année, les fluctuations du niveau des eaux qui marquent une inondation et une exondation alternées sur un cycle annuel, la présence d'étangs plus ou moins temporaires et leur voisinage marécageux ou humide. Les fluctuations du niveau se traduisent par un retrait des eaux pendant la saison sèche (de juin à septembre) sur une bande de plusieurs centaines de mètres dans le delta, des fois jusqu'au dessèchement quasi complet des étangs, suivi d'une remontée des eaux et une inondation de larges étendues pendant la saison des pluies (octobre à mai). Les variations interannuelles des précipitations se répercutent directement sur les étendues des surfaces exondées ou inondées.

Le delta de la Rusizi constitue le dernier refuge pour une faune encore abondante d'espèces qui, jadis, peuplaient toute la plaine de la Rusizi. Six espèces de grands mammifères ont été identifiées, parmi lesquelles une cinquantaine d'hippopotames et une petite population d'antilopes. Des populations d'oiseaux terrestres et limicoles dont certaines espèces sont résidentes, d'autres de passage au cours de leurs migrations ont été également identifiées.

1.2.6.3. Marais de l'Akanyaru et de l'Akagera

La vallée marécageuse de l'Akanyaru a une largeur de 4 km dans son cours inférieur. La rivière serpente vers le Nord, dans un marais de papyrus où elle trace de très nombreux méandres. Dans les vallées des affluents de la rivière, sont logées les lacs Cohoha, Rwhinda, Gacamirinda, et de plus petits lacs comme Narungazi, Nagitamo et Mwangere. Après le lac Cohoha, la rivière Akanyaru poursuit son cours vers le Nord, pénètre au Rwanda pour rejoindre la Nyabarongo non loin de Kigali qui entre dans le lac Rweru, le lac le plus étendu du système hydrologique, pour en ressortir non loin de là en prenant le nom de Akagera. Cette rivière coule ensuite dans une vallée marécageuse de l'ordre de 2 km de large jusqu'à sa confluence avec la rivière Ruvubu, juste avant les chutes de Rusumo. Le lac Kanzigiri est un prolongement du lac Rweru dans la vallée d'un affluent secondaire dont le cours inférieur est envahi par un marécage de papyrus.

Dans cette région au Nord du Burundi, les écosystèmes humides consistent donc en étendues marécageuses et en lacs, d'une part dans la vallée de l'Akanyaru et d'autre part dans le sous bassin de la Nyabarongo Akagera. Dans le sous bassin de l'Akanyaru, les lacs les plus importants sont Cohoha (7850 ha), Rwhinda (425 ha), Gacamirinda (250 ha). Dans le système Nyabarongo Akagera, il y a, au Burundi, les lacs Rweru (10000 ha) et Kanzigiri, 340 ha) comme cela apparaît dans la Figure n° 6. Les lacs Cohoha et Rweru, deux lacs transfrontaliers mais aussi les plus étendus et les plus importants au point de vue socio-économique, ont été les mieux étudiés.

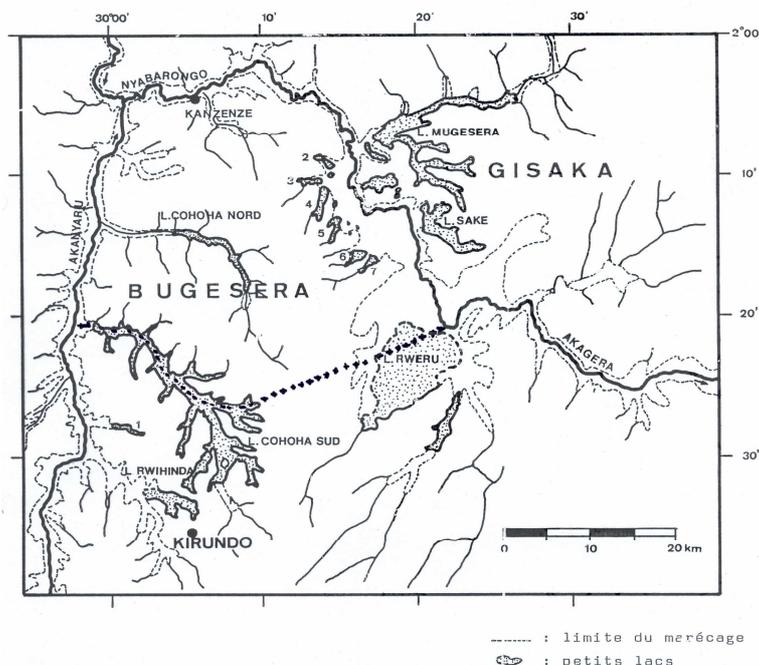


Figure n° 6 : Le complexe marécageux et lacustre de l'Akanyaru et de l'Akagera (Ntakimazi, 1985).

Lacs : 1 : Gacamirinda 4 : Rumira 7 : Gaharwa

les animaux interagissent, régulateurs du climat, protecteurs du sol contre l'érosion pluviale et éolienne, laboratoires de recherche pour les scientifiques, lieux éducatifs et de récréation pour les écoliers, sources de produits utilisables pour la satisfaction des besoins humains, puits de carbone et sites attractifs des touristes et par conséquent sources de devises pour le pays.

Dans les écosystèmes terrestres, on trouve des forêts naturelles et artificielles. Pour les forêts naturelles, seules les superficies des forêts naturelles protégées sont actuellement connues malgré que certaines parties ont été défrichées pour les cultures. Les études antérieures¹⁴ nous apprennent que plus de 50 ans auparavant, les forêts ombrophiles de montagne occupaient 104.000 ha alors qu'actuellement il ne reste qu'environ 50.000 ha ; la forêt sclérophylle à *Hyphaene* était de 2.800 ha et il ne reste que 1.200 ha, la forêt mésophile de Kigwena 2.000 ha alors qu'aujourd'hui il ne reste que 500 ha, les forêts claires 30.000 ha mais restent environ 20.000 ha et les savanes 150.000 ha alors qu'il ne reste à peu près 90.800 ha.

1.2.7.1. Forêt ombrophiles

Le Burundi possède des forêts dites ombrophiles dans le parc de la KIBIRA, la réserve forestière de Monge, de Bururi, de Vyanda, et de Rumonge.

- Le parc de la Kibira à une superficie de 40 000 ha et s'étend sur plus de 80 km de long et sa largeur moyenne est de plus ou moins 8 km. Le parc compte plus de 644 espèces végétales connues, environ 98 espèces de mammifères, 20 espèces d'insectivores comportant des éléments endémiques comme *Myosorex blarina*, *Crocidura lasona*, *Crocidura niobe*, etc, 8 espèces de Chiroptères ainsi que dix espèces de Primates dont le plus fréquemment rencontré est *Cercopithecus mitis dogetti*.
- La Réserve Naturelle Forestière de Monge est dominée par une forêt ombrophile de montagne. Les arbres dominants sont *Entandrophragma excelsum*, *Parinari excelsa*, *Hagenia abyssinica*. Très fragmentée, la forêt occuperait en total 5 000 ha. La faune y est mal connue même si on y observe fréquemment *Cercopithecus mitis*, *Canis adustus* et *Papio anubis*.

Photo n° 5 : Dégradation continue de l'étage subalpin de la forêt de Monge, mont Heha



¹⁴ NZIGIDAHERA Benoît et FOFO Alfonse, Etude de vulnérabilité et d'adaptation aux changements climatiques, MINATTE/BURUNDI, septembre 2008.

Photo n° 6 : Défrichements culturels en pleine forêt de Monge



- La réserve forestière de Bururi a une superficie de 2680 ha et s'étend sur une altitude variant entre 1600 et 2300 m. Elle constitue la partie la plus méridionale du système de la forêt de la crête Congo-Nil. Elle est de type ombrophile de montagne avec une végétation naturelle non homogène occupant environ 2.000 ha et plus de 250 espèces végétales. La faune mammalienne comprend environ 22 espèces dont 5 espèces de Primates rencontrés aussi dans la Kibira et 6 espèces de Carnivores dont *Panthera pardus*. L'inventaire des oiseaux donne 117 espèces semblables à celles rencontrées dans la Kibira également.
- La réserve naturelle forestière de Vyanda et de Rumonge est située sur des pentes escarpées ; elle occupe une superficie d'environ 4.500 ha et comprend une forêt claire semblable et contiguë à celle de Rumonge et des galeries forestières submontagnardes avec des essences comme *Pycnanthus angolensis*, *Albizia grandibracteata*, etc. Dans l'ensemble la végétation naturelle occupe environ 2.500 ha, contre 2.000 ha occupés par les plantations de *Pinus*.

1.2.7.2. Forêts claires

Les forêts claires occupent les escarpements côtiers de la partie occidentale Sud, partant de Rumonge jusqu'à Nyanza-Lac. Elles remontent jusqu'à l'extrême Nord du Kumoso-Buyogoma sur la frontière tanzanienne. Il s'agit bien des forêts claires dominées par *Brachystegia*, *Julbernardia*, *Isoberlinia* répondant bien à la définition du Miombo. L'altitude est comprise entre 1.000 et 1.600 m. Leur superficie est d'environ 20.000 ha.

1.2.7.3. Forêt sclérophylle à *Hyphaene benguellensis* var. *ventricosa*

C'est la forêt sclérophylle à *Hyphaene benguellensis* var. *ventricosa* de la plaine de la basse Rusizi, à l'altitude variant entre 775 et 800 m. Elle occuperait actuellement environ 800 ha. *Hyphaene* est une essence largement dominante et endémique de la plaine. Cette forêt se trouve principalement dans la Réserve Naturelle qui tapisse la plaine de la Rusizi située à

l'Ouest du pays et comprenant deux parties séparées : le secteur Delta autour de l'embouchure de la Rusizi, au Sud et le secteur Palmeraie au Nord.

1.2.7.4. Forêt mésophile périguinéenne

La forêt mésophile périguinéenne à *Newtonia buchananii* et à *Albizia zygia* est localisée à Kigwena. Elle occupe une superficie de 500 ha. C'est une forêt dense qui se rattache à la formation de la cuvette congolaise par de grands arbres comme *Albizia zygia*, *Newtonia buchananii* et *Pycnanthus angolensis*.

1.2.7.5. Savanes et Bosquets xérophiles

Les savanes occupent une partie de l'Est et du Nord. Elles occupent environ 90 800 ha. Elles sont rencontrées dans la dépression de Kumoso et dans la partie Nord du Buyogoma. Suite à une sécheresse assez longue combinée aux actions anthropiques, on assiste à une prolifération des termitières surtout dans le Kumoso (fig.7).

1.2.7.6. Les zones d'étude

La réalisation de cette étude s'est limitée spécialement sur les écosystèmes terrestres se trouvant dans certaines localités connaissant plus de variations climatiques par rapport aux autres coins du pays. Il s'agit essentiellement des régions d'Imbo, de la crête Congo-Nil et les dépressions de Bugesera et Kumoso. Pour cette étude, les données climatiques utilisées ont été collectées dans les stations météorologiques se trouvant dans ou près des régions de Bujumbura, Gisozi, Musasa et Kirundo.

1.2.8. Le secteur de la santé

Les cinq premières causes de mortalité sont le paludisme, les maladies diarrhéiques, les infections respiratoires aiguës (IRA), la malnutrition et le SIDA. Quant à la morbidité, les cinq principales causes enregistrées dans les centres de santé sont le paludisme, les infections respiratoires aiguës, les maladies diarrhéiques, les traumatismes, les brûlures et la malnutrition. Les maladies liées au manque d'hygiène et de salubrité de l'environnement occupent près de 80% de toutes les pathologies. Le paludisme est le premier problème de santé publique de par sa mortalité et sa morbidité parmi les enfants de moins de 5 ans et les femmes enceintes. S'agissant du SIDA, au Burundi, le taux de séropositivité parmi les adultes est de 12 % (1999) et la séoprévalence est estimée chez les femmes en consultations prénatales à 18,6% en milieu urbain et 7,5 % en milieu rural.

En 2003, les données de l'EPIDSTAT¹⁵ indiquent que le paludisme occupe 40%, les infections respiratoires 19 %, le parasitisme intestinal 9%, les maladies à protozoaires intestinaux 5% et les maladies diarrhéiques 3%. D'autres maladies occupent une place assez importante dont le VIH/SIDA, la tuberculose et la malnutrition. Le paludisme est la maladie la plus fréquente au Burundi. Il constitue la 1ère cause de morbi-mortalité. Depuis 1991, son évolution a été toujours progressive passant de 800.000 cas en 1993 à 3 millions en 2000 soit 50% de la population. Près de 40% des consultations externes dans les centres de santé concernent le paludisme. 40% des malades sont des enfants de moins de 5 ans¹⁶.

¹⁵ Cours d'été organisés par l'Ecole de Santé Publique de l'Université Libre de Bruxelles sur l'épidémiologie.

¹⁶ Dr. NDINDURWAHA T, Evolution et cartographie des principales endémo épidémies, Formation des TPS, Centre Suédois, avril 2007.

Chez les enfants, l'anémie est associée au paludisme dans 77% des cas¹⁷. Chez les enfants de moins de 5 ans, 48% de décès sont liés à cette maladie¹⁸. Avant les années 1990, elle frappait habituellement les régions de basse altitude. Mais de 1990 à 2003, le pays a connu au moins cinq épidémies bien documentées dans la région des hauts plateaux. Des épidémies répétitives ont été enregistrées dans ces zones autrefois indemnes.

Bien que plusieurs maladies soient dépendantes des conditions climatiques, l'étude de la vulnérabilité et de l'adaptation aux changements climatiques a porté sur le paludisme dont les données disponibles permettent de réaliser des analyses sur une période assez longue et de les lier avec les paramètres du climat.

1.3. Les atouts et contraintes de la vulnérabilité et de l'adaptation

L'adaptation aux changements climatiques devrait être intégrée dans les questions associées au développement durable et trouver une place de choix dans les stratégies de lutte contre la pauvreté. En effet, les mesures d'adaptation envisagées dans le pays ont été choisies notamment dans le PANA sur base de leur contribution au développement socioéconomique du pays¹⁹. Comme pour tous les pays moyennement avancés, les mesures d'adaptation devraient permettre au Burundi de répondre aux objectifs de développement national et de contribuer à faire face aux impacts négatifs des changements climatiques.

1.3.1. Les principaux atouts à exploiter

Les atouts sur lesquels le Burundi peut compter pour asseoir une stratégie d'adaptation sont :

- a) L'existence de 3 saisons agricoles par an, à savoir la saison A (de septembre à décembre) ; la saison B (février à mai) ; la 3^{ème} saison de la culture des marais (juin – septembre, est un atout qui permettrait jusqu'ici la pratique de cultures diversifiées sans saison morte dans le calendrier agricole pour garantir une sécurité alimentaire.
- b) Le Burundi dispose d'un réseau hydrographique dense généralement alimenté par des précipitations abondantes bien qu'inégalement réparties de 6 à 9 mois par an. Des possibilités d'irrigation existent et devraient être exploitées davantage pour améliorer la production de l'agriculture.
- c) L'agriculture traditionnelle du Burundi repose sur une grande variété d'espèces de cultures vivrières et industrielles qui sont pratiquées dans tout le pays en fonction de microclimat et des régions agro-écologiques variés.
- d) Une population laborieuse s'adonne régulièrement à la tâche malgré les divers problèmes auxquels elle est confrontée.
- e) Les actions de lutte contre les feux de brousse ont permis l'arrêt de l'évolution régressive des écosystèmes terrestres en favorisant l'installation des stades beaucoup plus avancés.
- f) Très récemment, la mise en place des arboretums est aussi une voie, non seulement pour la protection des essences autochtones menacées de disparition, mais aussi de création de nouveaux écosystèmes terrestres. C'est le cas de l'arboretum de Kajaga appartenant à un privé avec des essences autochtones sur environ 25 ha et celui de

¹⁷ Projet LMTC, Section Nutrition, Enquête nationale sur l'anémie, MSPLS, 2003

¹⁸ Dr. NDINDURWAHA T, op.cit

¹⁹ MINATTE, Plan d'Actions National d'Adaptation aux Changements climatiques (PANA), Bujumbura/Burundi, janvier 2007.

Butaganzwa installé par l'INECN avec des essences autochtones sur une étendue d'environ 50 ha. Ces arboretums ont été bâtis avec des espèces autochtones.

1.3.2. Les contraintes à l'adaptation

Les secteurs socio-économiques sont confrontés à des menaces diverses, d'ordre climatique et anthropique. Des efforts ont été certes déployés par le Burundi depuis 1999 en vue de dégager les impacts potentiels et de relever la vulnérabilité des différents secteurs socioéconomiques. De même, des plans d'actions sectoriels ont été proposés notamment avec la préparation du PANA. Malgré cela, force est de constater qu'il y a encore des lacunes et des contraintes qui empêchent le pays d'atteindre les résultats escomptés en matière d'adaptation aux changements climatiques dont notamment :

- ◆ Les changements climatiques ne sont pas encore intégrés dans les plans et les politiques de développement sectoriel et des fois aucune référence particulière n'est faite aux changements climatiques dans la politique sectorielle;
- ◆ La planification, la conception et la mise en œuvre des projets de développement relèvent des ministères techniques sans synergie totale pour prendre en compte les préoccupations du Ministère chargé de l'Environnement sur les changements climatiques;
- ◆ Il n'existe pas encore de cadre national permanent pour la mise en œuvre, le suivi et l'évaluation des projets du Plan d'Action National d'Adaptation;
- ◆ Bien qu'un plan national d'adaptation ait été proposé en janvier 2007, il reste connu du cercle réduit des spécialistes de l'environnement et semble peu intériorisé par les décideurs politiques car il n'a pas été suffisamment vulgarisé;
- ◆ Le caractère difficilement prévisible des changements climatiques, leur périodicité et leur amplitude demeurent une préoccupation importante pour notre pays qui dispose de maigres ressources pour la mise en œuvre des actions prioritaires d'adaptation et pour nos populations vivant dans une extrême pauvreté.
- ◆ Les écosystèmes terrestres régressent très rapidement suite à la pression humaine pour la recherche de nouvelles terres agricoles et de l'élevage ainsi que du bois pour divers usages avec comme conséquence l'aggravation de l'aridité dans certaines régions déjà en situation précaire. Les causes de cette régression des écosystèmes sont notamment les défrichements, l'exploitation anarchique des ressources biologiques, le surpâturage, les feux de brousse, etc...
- ◆ Le manque d'une base de données et ou des dispositifs de collecte qui permettent de suivre l'évolution des secteurs socio-économiques en fonction de l'évolution du climat.
- ◆ Au niveau juridique, il existe plusieurs textes de loi qui protègent l'environnement (création des parcs nationaux et réserves naturelles, code de l'environnement, code foncier etc...). Ces textes n'intègrent pas cependant la vulnérabilité et les stratégies d'adaptation aux changements climatiques.
- ◆ Des mesures d'adaptation ont été proposées par la première communication nationale du Burundi et un Plan d'Action National d'Adaptation aux Changements Climatiques a été préparé. Les mesures et action adoptées n'ont pas été mises en œuvre à cause des moyens financiers limités dont dispose le pays.
- ◆ Le faible pouvoir d'achat de la population dont les recettes résultent de la vente des produits agricoles dont les prix sont souvent précaires.

- ◆ Le morcellement des terres suite à une démographie galopante conduit à des rendements médiocres dans la production agricole et d'élevage et est source de nombreux conflits entre personnes.
- ◆ La qualité des sols se dégrade suite à l'effet combiné de l'érosion, de la destruction du couvert végétal par le surpâturage et la recherche de bois, le manque d'amendement organique.
- ◆ Le faible niveau de transfert de technologies de la production dans les secteurs productifs comme l'agriculture et l'énergie ainsi que les difficultés d'adaptation des nouvelles technologies dans la production suite au manque de financement, à la recherche insuffisante et à la réticence de la population à transformer leurs modes de production agricole et d'élevage.
- ◆ L'insuffisance de ressources en l'occurrence l'inexistence dans le budget national d'une rubrique sur la prévention et la gestion des urgences et catastrophes ;
- ◆ L'insuffisance de ressources humaines rodées dans la gestion des urgences et catastrophes ;
- ◆ L'inexistence de plan stratégique et de plan opérationnel en matière de vulnérabilité et adaptation aux CC dans certains secteurs socioéconomiques (santé, énergie, paysages, etc ;)

C'est ainsi que plusieurs actions d'adaptation sont restées au stade de la préparation et ne font pas l'objet d'une mise en œuvre suite à la faible capacité d'adaptation du pays. S'agissant des contraintes majeures liées à la mise en œuvre des plans et des mesures d'adaptation dans le secteur de l'énergie, il convient de citer :

- La faible disponibilité des ressources financières dans le pays et l'apport limité des financements de la part des partenaires extérieurs sont à la base du faible taux de mise en œuvre des stratégies d'adaptation;
- Les capacités technologiques limitées dans le pays qui font que des mesures d'adaptation pouvant être mises en œuvre au niveau local ne le sont pas faute d'une expertise technique suffisante des bénéficiaires ou des opérateurs économiques locaux (foyers améliorés, biogaz, énergie solaire, etc.);
- La faible maîtrise des mécanismes de financement disponibles pour soutenir des initiatives en faveur de l'adaptation dans le secteur de l'énergie.

Aussi, le suivi des procédures d'octroi des financements par le Fonds pour l'Environnement Mondial (FEM-GEF)²⁰, le Fonds pour les pays les moins avancés (PMA), le Fonds Spécial pour les changements climatiques ainsi que la maîtrise des conditions de recours aux Fonds carbone (dont celui de la Banque Mondiale) et au Mécanisme de Développement Propre (MDP) devraient faire l'objet d'une attention particulière et soutenue de la part des planificateurs et des décideurs des différents secteurs socioéconomiques pour trouver les financements nécessaires pour les projets d'adaptation et stimuler ainsi le développement économique durable.

²⁰ Clare FLEMING, le FEM et l'adaptation au changement climatique, www.theGEF.org, novembre 2005.

CHAPITRE 2 : ORGANISATION ET METHODOLOGIE DE L'ETUDE

2.1. Organisation du travail

Dans l'élaboration de cette synthèse des études de vulnérabilité et d'adaptation des changements climatiques, il y a notamment lieu de:

- Synthétiser les informations socioéconomiques sur les secteurs analysés ;
- Etablir une situation de base climatique à partir de l'étude y relative ;
- Présenter un développement des données relatives à chaque secteur d'analyse permettant d'établir une situation de base crédible ;
- Relever les méthodes utilisées dans l'évolution des tendances en absence et en présence des changements climatiques ;
- Relever les résultats de l'évolution de ces tendances secteur par secteur ;
- Réaliser une synthèse de la vulnérabilité du pays en relevant systématiquement impacts actuels et futurs majeurs des changements climatiques de façon à identifier le niveau de vulnérabilité de chaque secteur ;
- Préparer, à partir des recommandations pertinentes de chaque rapport sectoriel, une stratégie nationale d'adaptation aux changements climatiques et élaborer un plan d'action d'adaptation avec des coûts, des critères de vérification et un programme de mise en oeuvre
- Proposer des projets prioritaires d'adaptation sur base de critères de choix, développer leurs fiches de projet.

De façon schématique, toutes les études sectorielles sur la vulnérabilité et l'adaptation aux changements climatiques ont été faites suivant les étapes suivantes :

- Collecte des données du secteur et entretien avec les partenaires concernés ;
- Collecte des données climatiques ;
- Analyse et traitement des données par des méthodes graphiques ou de régression pour déceler les tendances d'évolution en rapport avec les variations de la pluviométrie et de la température ;
- La projection des tendances en absence et en présence des changements climatiques en utilisant des équations relevées lors de l'analyse des données de base ;
- Les interprétations des résultats pour relever les tendances et les impacts prévisibles à long terme en absence et en présence des changements climatiques et la situation de la vulnérabilité sectorielle qui en découle ;
- Le relevé et la hiérarchisation des options d'adaptation ainsi que le choix des projets concrets en réponse à l'adaptation de chaque secteur face aux changements climatiques à moyen et long terme.

Dans le cadre de l'objectif assigné à l'étude, un document de synthèse sera confectionné. Celui-ci donne la description et l'analyse de l'état actuel et futur de la vulnérabilité des secteurs socioéconomiques identifiés et précise les stratégies et les actions programmées en vue de l'adaptation aux changements climatiques pour les secteurs les plus vulnérables.

2.2. Méthodologie de l'étude

La méthodologie générale appliquée dans la réalisation des études sectorielles de vulnérabilité et d'adaptation aux changements climatiques a été également utilisée dans cette synthèse. Dans le cadre de cette synthèse, nous avons dû consulter plusieurs sources documentaires pour une meilleure prise en compte des différentes méthodologies utilisées dans le cadre de l'évaluation de la vulnérabilité et de l'adaptation aux changements climatiques.

Les approches méthodologiques sont ainsi différentes suivant les domaines considérés et suivant la disponibilité des données.

La méthodologie adoptée dans les études de vulnérabilité et d'adaptation aux changements climatiques associe les quatre méthodes suivantes :

- a) L'analogie ;
- b) Les enquêtes de terrain ;
- c) La modélisation.
- d) Le jugement d'expert ;

Les différentes méthodes permettent d'établir des relations de cause à effet entre la variabilité dans la pluviométrie, dans les fluctuations du niveau d'eaux dans les cours d'eau et les lacs, des températures et les indicateurs socioéconomiques des différents secteurs.

Il y a lieu de rappeler à ce stade que les données climatologiques utilisées par les différents groupes sectoriels ont été fournies par l'équipe des consultants de l'IGEBU provenant du Service de Climatologie qui a analysé les paramètres climatologiques et élaboré les scénarios futurs d'évolution de ces paramètres par les modèles SCENGEN/MAGICC.

2.2.1. L'analogie

L'approche par analogie a été utilisée en référence aux situations historiques des secteurs qui se sont produites dans le passé et qui pourront se répéter dans l'avenir. Elle suppose que la situation de base identifiée dans le passé peut se rééditer dans l'avenir et permet de projeter dans le futur la vulnérabilité et les impacts dus aux changements climatiques sur base des impacts observés actuellement.

Ceci a été fait notamment sur base de l'occurrence des sécheresses et des inondations survenues au niveau du Burundi. Elle a été particulièrement utilisée dans le secteur des ressources hydrauliques. L'approche par analogie a été utilisée par toutes les équipes sauf pour l'analyse des paramètres climatologiques qui recourt à des méthodes plus empiriques.

2.2.2. Les enquêtes de terrain

Les études sectorielles se sont attachées à relever les résultats des enquêtes de terrain qui ont été menées dans les zones d'étude ou sur les systèmes cibles pour se rendre réellement compte des effets des changements climatiques sur les secteurs concernés dans ces régions et d'une manière générale dans tout le pays. Ces enquêtes ont été menées auprès des populations et des responsables locaux à différents niveaux : des cultivateurs, des hauts cadres, des agents de l'administration territoriale, quelques membres des bureaux provinciaux, des fonctionnaires de l'administration et des ONG dans les provinces Muyinga, Cankuzo, Ruyigi et Kirundo, dites « zones de haute vulnérabilité » en raison de la sécheresse prolongée et des fois, des pluies diluviennes enregistrées dans ces régions au cours de l'histoire surtout des trois dernières décennies pour connaître l'ampleur des dégâts matériels et humains.

Les informations récoltées ont servi à la détermination des impacts aussi bien climatiques que non climatiques. Les experts ont souvent visité des sites particuliers comme les rivières, les lacs, les infrastructures de production, les forêts etc. pour observer sur place les impacts actuels des changements climatiques et surtout pour recueillir les avis de la population riveraine des ces sites.

2.2.3. La modélisation

La modélisation statistique a été utilisée dans cette étude principalement pour le traitement des données du climat en recourant notamment aux modèles MAGICC/SCENGEN qui ont été exploités par les experts de l'IGEBU dans la simulation des paramètres des changements climatiques et des scénarios futurs générés par ces derniers. De même, la modélisation aura été également utilisée dans plusieurs secteurs tant que des données du secteur étaient disponibles sur une longue période et que ceux-ci pouvaient être rattachés à l'évolution des paramètres climatiques tels que la température et les précipitations.

La méthode statistique a été utilisée pour le traitement des données d'enquêtes et d'observations de terrain tirées de la bibliographie, mais aussi pour les données climatiques dans la situation de base et dans les projections.

2.2.4. Le jugement d'expert

Le jugement d'expert est utilisé lorsqu'il s'agit particulièrement de synthétiser des relations complexes qui vont au-delà des méthodes formelles dans l'appréciation des situations de vulnérabilité particulière. Cet exercice de jugement d'expert est d'autant plus utilisé malgré les dimensions très modestes du Burundi, car celui-ci présente une très grande diversité éco-climatique qui complique davantage l'étude de vulnérabilité et d'adaptation aux changements climatiques. L'analyse des experts a été ainsi exploitée dans l'identification de la vulnérabilité et des impacts dus aux changements climatiques à travers des données offertes par l'histoire géologique, sur le fonctionnement et l'évolution des écosystèmes, les situations actuelles du climat et celles décrites par la première communication nationale sur les changements climatiques. Le jugement des experts est aussi un outil utile dans le choix des priorités tenant compte des stratégies d'adaptations telles que décrites par les populations locales et les données disponibles dans certaines bibliographies

2.3. Synthèse des méthodes utilisées

Nous reprenons dans le tableau n° 5 une synthèse des méthodes utilisées dans les études sectorielles de vulnérabilité et d'adaptations aux changements climatiques au regard des zones ou des systèmes cible et des données disponibles.

Tableau n° 5 : Synthèse des méthodes utilisées dans les études sectorielles

Domaines concernés	Méthodes utilisées	Zones ou systèmes cible	Données requises
Paramètres climatologiques	Méthode de régression statistique et graphique ; Jugement de l'expert	Stations climatologiques de Bujumbura, Musasa, Gisozi et de Kirundo	Précipitations ; températures. Exigences de données
Ressources en eau	Analogie ; Enquêtes de terrain ; Modélisation statistique ; Jugement de l'expert	Les eaux de surfaces de la dépression du Kumoso et de la dépression du Bugesera	Niveau des rivières et lacs ; débits des rivières Muyovozi et Marangara ; précipitations.
Secteur de l'énergie	Analogie ; Enquêtes de terrain ; Modélisation statistique ; Jugement de l'expert	Production hydroélectrique ; Consommation du bois et du charbon de bois.	Précipitations; débits des rivières ; productions des centrales hydroélectriques ; Superficies boisées.
Agriculture et élevage	Analogie ; Enquête de terrain ; Jugement de l'expert.	Région du Bugesera ; Imbo centre ; Région du Kumoso.	Précipitations ; Production vivrière ; production animale ; évolution du cheptel bovin, ovin, caprin, porc et volaille ; Les extrêmes climatiques
Les paysages	Analogie ; Enquête de terrain ; Jugement de l'expert.	Les basses terres de l'Imbo ; Les escarpements des MUMIRWA ; La dépression du Bugesera	Précipitations ; Evènements climatiques dont les sécheresses prolongées
Ecosystèmes terrestres et humides	Analogie ; Enquête de terrain ; Modélisation statistique ; Jugement de l'expert	Lac Tanganyika ; Delta de la Rusizi; Marécage l'Akanyaru, Marécage Akagera ; Marécage Basse Malagarazi	Précipitations ; niveaux des rivières et des lacs ; la faune et la flore ; la superficie des forêts ; la production des poissons
Secteur de la santé	Analogie ; Enquête de terrain ; Modélisation statistique ; Jugement de l'expert	Paludisme dans les provinces de Gitega, Kayanza, Makamba et Rutana	Précipitations ; les températures ; les cas de paludisme

L'analyse de l'intérêt de chaque méthode pour chaque domaine d'étude doit reposer sur des critères précis parmi lesquels, on peut citer :

- la disponibilité des données sur le secteur en qualité et en quantité suffisantes à des échelles de temps appropriées ;
- l'expertise nécessaire pour l'exploitation de la méthode dans des délais raisonnables ;
- la capacité d'assurer la liaison entre le secteur et le climat ;
- les avantages et les inconvénients de la méthode ;
- la prise en compte de l'adaptation aux changements climatiques.

2.4. Les horizons temporels

Pour la référence des analyses, la période 1975 à 2005 correspondant à la disponibilité des données climatologiques (précipitations, températures) a été retenue. Les évaluations à réaliser dans ce cadre de la vulnérabilité et de l'adaptation seront effectuées sur la période de 2005 à 2050. Cet horizon a été choisi d'un commun accord lors du séminaire de lancement du projet en janvier 2007. L'analyse des impacts des changements climatiques devra être réalisée sur la même période.

2.5. Les besoins en informations

Dans le cadre de cette étude sur la vulnérabilité et l'adaptation aux changements climatiques, les données les plus pertinentes sont notamment :

- L'évolution des précipitations pour quelques bassins versants,
- L'évolution des débits de quelques rivières,
- L'évolution des températures
- L'évolution des paramètres sectoriels

Les données climatologiques ont été fournies par l'IGEBU sur une base journalière de 1974 à 2005 pour les précipitations et les températures. Des séries mensuelles de ces données ont été reconstituées pour la station de BUJUMBURA, GISOZI, de MUSASA et de KIRUNDO dont les statistiques semblent plus fiables et couvrent une plus longue période.

Les données sur les ressources sectorielles et les indicateurs de chaque secteur ont été collectées dans la documentation et littérature disponibles auprès des différents ministères sectoriels et des instituts spécialisés dans la collecte et l'archivages des données socio-économiques.

Toutefois, les différents experts ont utilisé parfois les ressources bibliographiques disponibles sur internet tant sur les méthodologies d'évaluation des impacts des changements climatiques que sur la vulnérabilité et l'adaptation de leur domaine d'étude.

CHAPITRE 3. DEVELOPPEMENT DES DONNEES ET ETABLISSEMENT DE LA SITUATION DE BASE

3.1. Introduction

L'acquisition des données pour l'établissement de la situation de base sera appréciée secteur par secteur. Quand les données chiffrées étaient disponibles, nous avons repris dans quelques tableaux et graphiques les données caractéristiques de chaque secteur qui sont relatives aux indicateurs de chaque secteur et avons tenu à relever à chaque fois les méthodes et les formules utilisées pour lier les indicateurs aux paramètres climatiques, les résultats des analyses effectuées et de faire le point sur la vulnérabilité passée et actuelle et cela pour chaque domaine ayant fait l'objet d'une étude sectorielle.

3.2. La base climatique.

Le Burundi connaît sur tout son territoire un climat tropical humide influencé par l'altitude. En temps normal, ce climat est caractérisé par l'alternance d'une saison pluvieuse (octobre à mai) et d'une saison sèche (approximativement de juin à septembre). La pluviométrie annuelle moyenne varie de 750 mm dans le Nord-Est du Burundi à plus de 2000 mm sur la zone montagnaise.

Le Burundi dispose d'un réseau d'observation hydrométéorologique composé de 15 stations climatologiques principales qui couvre toutes les zones climatologiquement homogènes. Ces observations portent principalement sur la pluviométrie et la thermométrie. Elles sont collectées soit quotidiennement ou soit mensuellement par le service de climatologie de l'Institut Géographique du Burundi. Les stations d'observation dont il sera question dans ce document sont celles de Bujumbura, Musasa, Gisozi et Kirundo.

3.2.1. Les précipitations

Les paramètres climatologiques ont fait l'objet d'une analyse temporelle sur leur évolution à l'échelle saisonnière et annuelle pour les quatre stations mentionnées : Bujumbura, Gisozi, Musasa et Kirundo. Pour certains domaines sectoriels, des données particulières à certaines stations ont été fournies par l'IGEBU pour certaines analyses spécifiques.

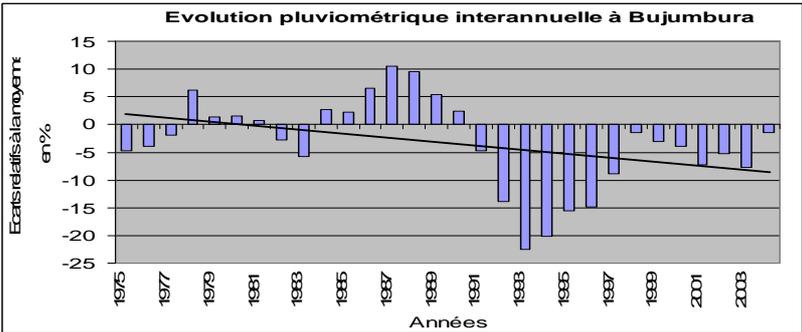
Les données collectées et archivées renferment de temps en temps des bruits imputables à des facteurs d'origine humaine. Pour éliminer les bruits éventuels des séries climatologiques considérées, les techniques statistiques des moyennes glissantes ont été utilisées. Le format d'archivage étant journalier, les données ont été développées et compilées pour constituer des séries mensuelles, saisonnières et annuelles. Comme certaines séries n'étaient pas complètes, on a été procédé à l'estimation des données manquantes par la méthode des moyennes des valeurs avoisinantes.

Les paramètres climatologiques ont fait l'objet d'une analyse temporelle sur leur évolution à l'échelle saisonnière et annuelle pour les quatre stations mentionnées : Bujumbura, Gisozi, Musasa et Kirundo. Pour certains domaines sectoriels, des données particulières à certaines stations ont été fournies par l'IGEBU pour certaines analyses spécifiques.

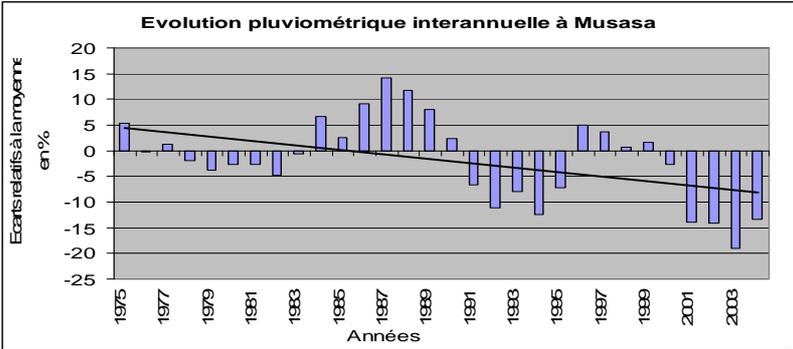
Une évolution de la pluviométrie a été mise en évidence par l'analyse climatologique des séries pluviométriques annuelles couvrant la période allant de 1974 à 2006, sur l'analyse du comportement des précipitations selon les saisons ainsi que sur les anomalies pluviométriques qui ont frappé le pays de 1974 à 2005.

Ces analyses montrent que les précipitations accusent un caractère cyclique sur une période approximative de 10 ans comme cela apparaît dans les graphiques n° 3, n° 4, n° 5, n° 6 qui reprennent l'évolution des écarts relatifs par rapport à la moyenne des précipitations pour les stations de Bujumbura, Gisozi, Musasa et Kirundo.

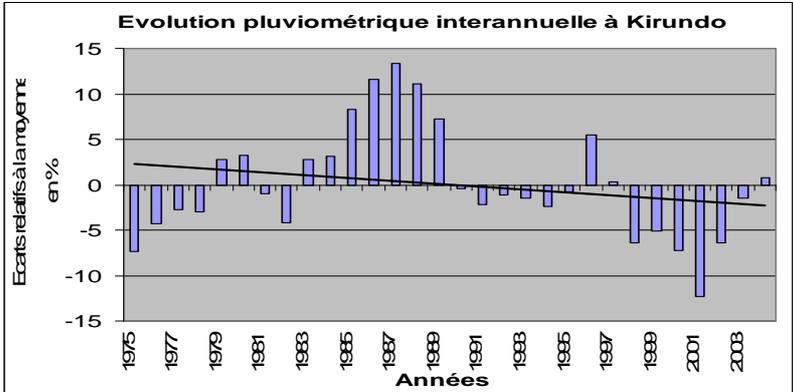
Graphique n° 3 : Evolution pluviométrique interannuelle /Bujumbura.



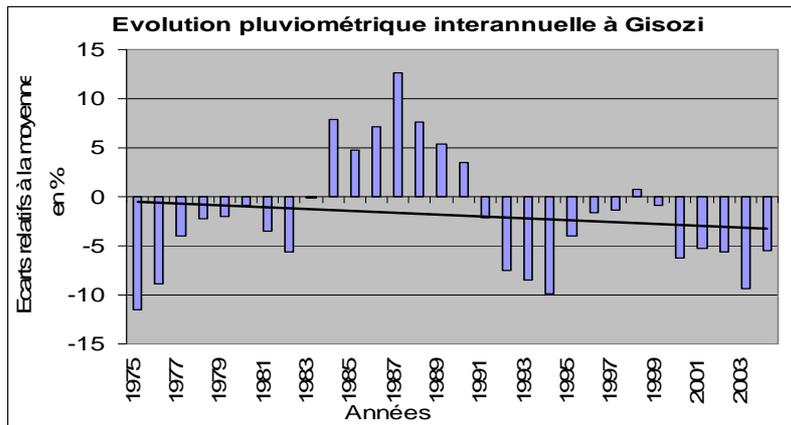
Graphique n° 4: Evolution pluviométrique interannuelle / Musasa.



Graphique n° 5: Evolution pluviométrique interannuelle /Kirundo.

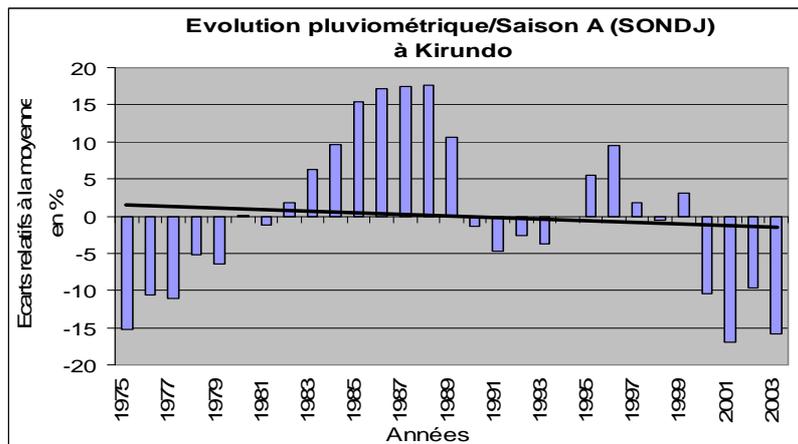


Graphique n° 6 : Evolution pluviométrique interannuelle /Gisozi .

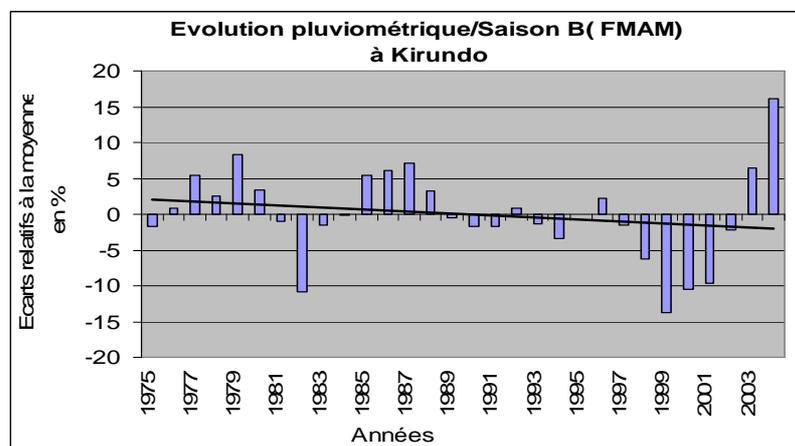


L'analyse du comportement des précipitations par saison culturale basée sur les précipitations mensuelles correspondantes montre également le caractère cyclique des précipitations saisonnières selon les résultats obtenus pour les saisons culturales B dans les stations de Kirundo situées dans des dépressions où l'impact de la sécheresse se fait actuellement sentir (graphique n° 7 et graphique n° 8).

Graphique n° 7 : Evolution pluviométrique /saison A(SONDJ) à Kirundo



Graphique n° 8: Evolution pluviométrique /saison B(FMAM) à Kirundo.



Enfin, on observe que l'évolution pluviométrique interannuelle est caractérisée par une tendance fortement à la baisse pour les stations de Bujumbura et Musasa, et une tendance légèrement en baisse pour les stations de Kirundo et de Gisozi. Les analyses effectuées par IGEBU sur les séries de données pluviométriques et sur les anomalies pluviométriques observées sur la période 1974 à 2005 met en évidence les constatations ci-après :

- Les séries de la pluviométrie interannuelle font état d'une grande variabilité d'une année à l'autre.
- Une périodicité de plus ou moins 10 ans s'observe dans les séries pluviométriques à travers les stations du pays.
- En général la variation pluviométrique se situe dans la plage allant de -20% à 20% par rapport à la moyenne interannuelle
- L'amplitude de variation est plus importante à partir des années 1990.
- Au cours des dernières années le nombre des écarts négatifs de la pluviométrie est plus important que celui des écarts positifs
- La Saison pluvieuse FMAM (saison culturale B) est caractérisée par une tendance pluviométrique fortement en baisse pour les stations de Bujumbura et Musasa et une tendance légèrement en baisse à Gisozi et Kirundo
- De même, une tendance très nette à la sécheresse est observée en saison B pour la station de Bujumbura qui accuse une variabilité interannuelle très prononcée pour la même station.
- L'étude de l'évolution du nombre de jours de pluie au Burundi a montré que le nombre de jours de pluie a une tendance en diminution à travers tout le pays
- La saison sèche tend à s'allonger et le début effectif des pluies pour la saison SONDJ (Saison culturale A) tend à être tardif. La reprise des pluies utiles s'observe généralement pendant la deuxième quinzaine du mois d'octobre. Les déficits pluviométriques qui sont généralement observés au début de la saison A sont par la suite compensés par une tendance en augmentation des quantités de pluie au mois de Novembre, Décembre et Janvier.
- La saison pluvieuse FMAM (saison culturale B) a tendance à s'écourter, ce qui explique l'évolution pluviométrique fortement en baisse pour cette saison à travers tout le pays

L'analyse des données climatiques des 30 dernières années fait apparaître que le climat est marqué par des irrégularités dans la répartition temporelle et spatiale de la pluviométrie, des irrégularités du début et de la fin des saisons pluvieuses, des fréquences élevées des événements climatiques extrêmes ainsi que des épisodes sèches plus fréquentes, en particulier dans le Bugesera. Une synthèse de l'évolution des précipitations est reprise dans le tableau n° 6.

Tableau n° 6 : Résumé de l'évolution pluviométrique

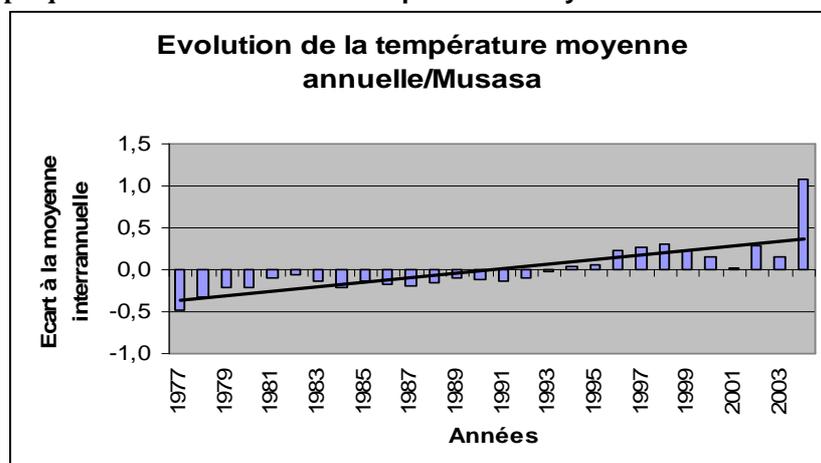
Région écologique naturelle	Station représentative	Evolution du nombre de jours de pluie	Evolution de la tendance pluviométrique		
			Saison Culturelle A	Saison culturelle B	Evolution pluviométrique annuelle
La plaine de l' IMBO	Bujumbura	En diminution	Pas de tendance significative	Fortement en baisse	Fortement en baisse
La région des dépressions du KUMOSO	Musasa	En diminution	Légèrement en baisse	Fortement en baisse	Fortement en baisse
La région de zones montagneuse de la Crête Congo/Nil et des plateaux centraux	Gisozi	En diminution	Légèrement en hausse	Légèrement en baisse	Légèrement en baisse
La région des dépressions du Nord-Est-BUGESERA	Kirundo	En diminution	Pas de tendance significative	Légèrement en baisse	Légèrement en baisse

3.2.2. Evolution des températures

L'étude de la thermométrie a porté sur la température maximale moyenne mensuelle, la température minimale moyenne mensuelle ainsi que sur la température moyenne mensuelle et annuelle. Cette étude a concerné les stations suivantes : Bujumbura, Musasa, Gisozi et Kirundo.

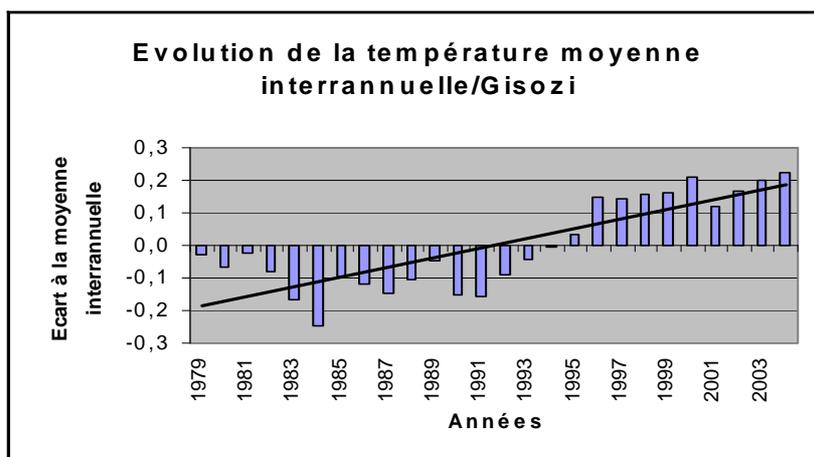
L'analyse a porté sur l'évolution de la température moyenne, la température maximale et la température minimale. Elle a été faite sur base de l'évolution des variations de la température moyenne par rapport à la moyenne interannuelle. Nous avons repris dans les graphiques n°9 et n° 10 l'évolution de ces écarts de température moyenne pour les stations de Musasa et de Gisozi. L'analyse faite sur les températures interannuelles maximales et les températures minimales montre également une tendance générale à l'augmentation qui est plus marquée pour les températures minimales particulièrement à la station de Gisozi.

Graphique n° 9 : Evolution de la température moyenne annuelle à Musasa



Source : SHIRAMANGA Maurice et BARAKIZA Ruben, Situation de base et projections climatiques, PNUD/MINATTE, Rapport définitif, Novembre 2008

Graphique n°10: Evolution de la température moyenne annuelle à Gisozi.

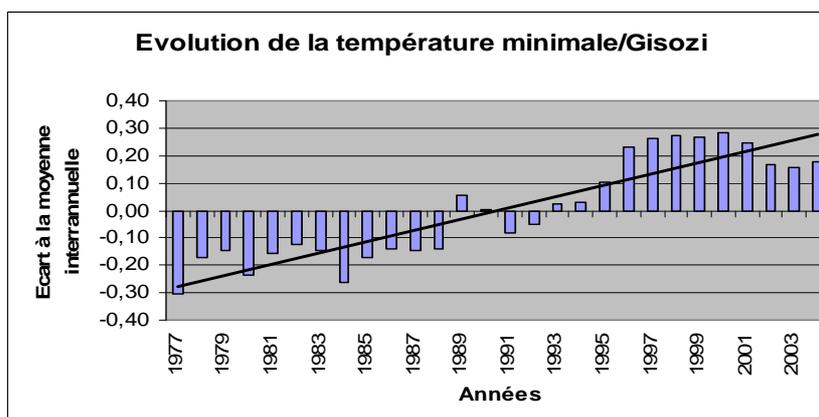


Source : SHIRAMANGA Maurice et BARAKIZA Ruben, Situation de base et projections climatiques, PNUD/MINATTE, Rapport définitif, Novembre 2008

L'analyse de l'évolution de la température moyenne depuis 1975 indique que la température moyenne annuelle augmente d'une façon soutenue à partir des années 1990 et s'accélère sur presque toutes les stations d'observation considérées.

Conformément au graphique n°11 sur l'évolution de la température minimale de Gisozi, il y a lieu d'observer que comparativement à d'autres stations d'observation, la température minimale de la station de Gisozi s'accroît plus rapidement par rapport à d'autres stations ; ce qui signifie que les zones d'altitude subissent un réchauffement plus important qu'ailleurs.

Graphique n° 11 : Evolution de la température minimale annuelle à Gisozi



Source : SHIRAMANGA Maurice et BARAKIZA Ruben, Situation de base et projections climatiques, PNUD/MINATTE, Rapport définitif, Novembre 2008

En plus du caractère variable de la température le long de toute la période considérée l'on constate un saut dans l'amplitude de variation des moyennes annuelles à partir de 1993. La fréquence des températures excédentaires par rapport à la moyenne interannuelle l'emporte sur celle des températures déficitaires à partir des années 1990.

3.2.3. Evènements climatiques extrêmes

Un événement climatique extrême est une manifestation de l'atmosphère qui s'écarte largement des conditions normales (moyennes) habituellement reconnues à un endroit donné et à une période donnée. Les études menées par l'IGEBU montrent qu'avec les changements climatiques, les événements climatiques extrêmes augmentent en fréquence et en intensité et se traduisent généralement par de remarquables modifications dans les systèmes socioéconomiques. Les manifestations de ces évènements extrêmes s'observent par les phénomènes d'érosion, des destructions massives des infrastructures et par de nombreux impacts négatifs sur l'environnement ainsi que sur la qualité de la vie des populations.

Parmi ces événements climatiques extrêmes, on compte principalement les sécheresses météorologiques et les sécheresses agro-météorologiques prolongées dans certaines régions du Burundi, ainsi que les périodes de fortes pluies, sources d'inondations souvent catastrophiques dans les régions plus ou moins planes et le long des axes de drainage. Ils accroissent considérablement la vulnérabilité des systèmes naturels.

Le tableau n° 7 donne une synthèse générale des principaux événements climatiques, leurs impacts et les zones affectées du pays. Les impacts des changements climatiques se manifestent de façon fréquente à partir de 1989.

Tableau n° 7 : Synthèse des principaux événements liés à l'eau

Année de référence	Événements climatiques	Types d'impacts	Zones affectées
1917	Sécheresse prononcée	Perte de récoltes, famine généralisée	Tout le pays
1923	Sécheresse prononcée	Perte de récoltes, famine généralisée	Tout le pays
1931	Sécheresse prononcée	Perte de récoltes, famine généralisée	Tout le pays
1933	Sécheresse prononcée	Perte de récoltes, famine généralisée	Tout le pays
1937	Excès d'eau	Perte de récoltes	Tout le pays
1941	Excès d'eau	Perte de récoltes	Tout le pays
1943	Sécheresse prononcée	Perte de récoltes, famine généralisée	Tout le pays
1950	Sécheresse prononcée	Perte de récoltes, famine généralisée, baisse du niveau des lacs	Tout le pays
1958	sécheresse	Perte de récoltes, famine généralisée, baisse du niveau du lac Tanganyika (772.8 m)	Tout le pays
1961	Inondation	Perte des récoltes, famines généralisée, intervention humanitaire	Tout le pays
1964	Inondation	Pertes économiques par l'inondation, montée du niveau du lac Tanganyika (777.2 m)	Tout le littoral du Lac Tanganyika
1969-1970	Inondation	Pertes économiques	Tout le pays
1973-1974	Sécheresse prononcée	Mauvais rendement agricole sans recourir à l'assistance humanitaire	Tout le pays
1977	Excès d'eau	Pertes de récoltes dans les bas fonds	Tout le pays
1983-1984	Sécheresse prononcée	Perte de récolte, famine généralisée, assistance humanitaire	Tout le pays
1989	Excès d'eau	Perte de récolte dans les bas fonds	Tout le pays
1990	Sécheresse	Perte de récolte	Tout le pays
1993	Pluies tardives	Mauvais rendement agricole	Tout le pays
1997-1998	Excès d'eau	Mauvais rendement agricole	Tout le pays
1999-2000	Sécheresse prononcée	Perte de récoltes, famine, déplacement de populations, assistance humanitaire	Kirundo et Muyinga
2004-2005	Pluies tardives	Mauvais rendement agricole au Nord-Est du pays, baisse des niveaux des cours d'eau, le niveau du lac Tanganyika baisse dangereusement, Insuffisance de l'Energie hydroélectrique	Tout le pays

Source : Evaluation de la vulnérabilité des ressources en eau et actions prioritaires d'Adaptation aux Changements climatiques, dans le cadre du Plan d'Actions National d'Adaptation aux CC (PANA), MINATTE, Mai 2006

3.3. Développement de la situation des ressources en eau

Pour l'établissement de la situation de base, les données hydrométéorologiques utilisées dans cette étude sont :

- Les données sur les séries pluviométriques, les stations climatologiques de référence : Musasa pour le bassin de la Muyovozi à l'Est et Kirundo pour le bassin de Ndurumu au Nord pour toute la période de référence (1975-2005) ;
- Les débits observés à Gihofi pour la rivière Muyovozi sur la période allant de 1980 à 1989 et à Marangara pour la rivière Ndurumu sur la période allant de 1981 à 1990.
- Les débits journaliers mesurés sur la Muyovozi et sur Ndurumu à Marangara ;

- Les précipitations moyennes journalières des bassins pour les deux stations de Musasa et de Kirundo (tableaux n° 8, n° 9 et n° 10).

Tableau n° 8 Caractéristiques des Bassins versants dans les zones d'étude

Bassin versant	Superficie (Km ²)	Station clim. de référence	Débit moy. annuel (m ³ /s)	Précipitation annuelle (mm)	Température moy. (°C)
Muyovozi	805	Musasa	9.8	1134.2	21.5
Ndurumu	245	Kirundo	1.07	1051.5	21.4

Dans le tableau n° 8, les débits mesurés à l'exutoire des bassins versants de la Muyovozi et de Ndurumu diffèrent suivant les caractéristiques de ces derniers notamment la superficie, les précipitations annuelles et la température.

Tableau n° 9 : Données de base observées à Musasa et à Gihofi

Années	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89
RR (mm)	839.5	1077.0	1473.9	960.6	995.3	1091.5	1530.4	1195.7	1425.7	1425.1
Q (m ³ /s)	7.5	9.4	12.5	8.5	8.7	9.5	13.0	10.3	12.1	12.1
Q (mm)	294.0	367.6	490.6	331.5	342.3	372.1	508.1	404.4	475.7	475.5

Tableau n° 10 : Données de base observées à Kirundo et à Marangara

Années	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90
RR(mm)	1200.9	1135.5	1001.1	887.3	1292.3	1217.2	1114.5	1179.4	981.1	1175.9
Q(m ³ /s)	1.14	1.11	1.04	0.99	1.18	1.15	1.10	1.13	1.10	1.03
Q(mm)	146.5	142.6	134.5	127.7	152.0	147.5	141.3	145.2	133.3	145.0

D'autre part, on observe que la région de Kumoso aura connu un déficit hydrique en 1980 et un excédent pluviométrique en 1986 comparativement aux autres années de la période d'observation. Le tableau 10 quant à lui, montre que la région de Bugesera a connu un déficit hydrique en 1984 et un excédent pluviométrique l'année suivante (1985) si on compare les deux années aux autres années de la période d'observation.

3.3.1. Développement des données

Dans l'analyse des données, les précipitations journalières moyennes en amont du bassin versant de Muyovozi et de Ndurumu ont fait l'objet d'une corrélation à l'aide du Modèle de Perturbation Linéaire (LPM). La corrélation est obtenue en transformant les précipitations tombées sur le bassin versant en débits simulés à l'exutoire qui vont être comparés aux débits effectivement mesurés à l'exutoire. Dans l'étude de vulnérabilité et adaptation des ressources en eau²¹, on montre une bonne corrélation entre les débits simulés et les débits réellement mesurés à l'exutoire à Muyovozi et à Ndurumu autorisant ainsi à utiliser les précipitations annuelles aux deux stations de Musasa et de Gihofi pour reconstituer les débits de la Muyovozi et de Ndurumu suivant les relations mathématiques de type linéaire ci-après.

Pour le cas du BV de la Muyovozi, on a :

²¹ Ntungumburanye G. et Nindamutsa A., Etude de vulnérabilité et d'adaptation au changements climatiques, Secteur des ressources en eau, Rapport Définitif, PNUD/MINATTE, septembre 2008.

$$Y = 0.31X + 33.74 \quad r = 0.806$$

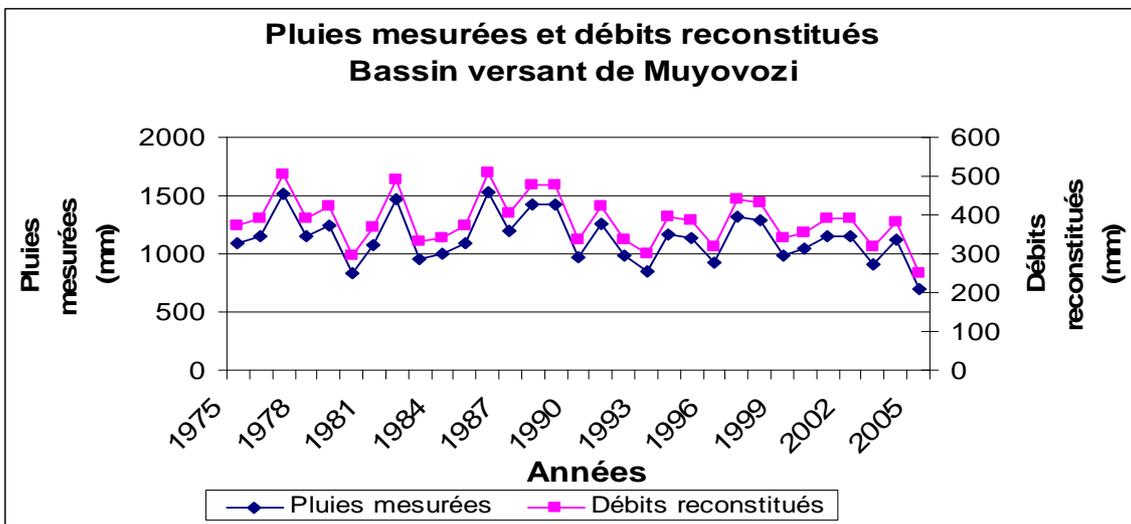
Où : Y : Débit moyen annuel simulé en mm à Gihofi
 X : Pluviométrie annuelle observée en mm à Musasa
 r : Coefficient de corrélation

Pour le cas du BV de la Ndurumu, on a :

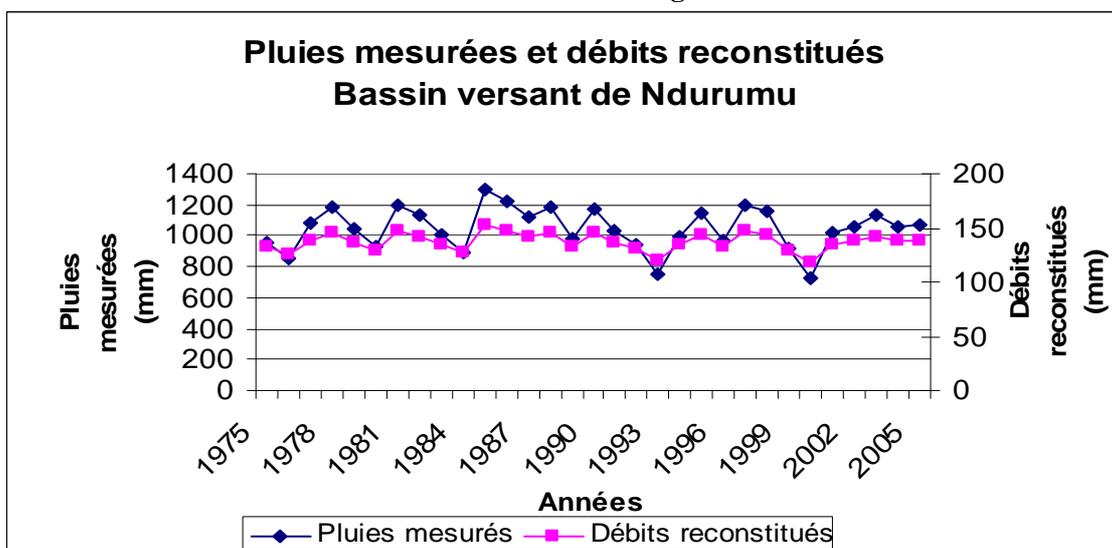
$$Y = 0.06 X + 74.43 \quad r = 0.92$$

Où : Y : Débit moyen annuel simulé en mm à Marangara
 X : Pluviométrie annuelle observée en mm à Kirundo
 r : Coefficient de corrélation

Graphique n° 12 : Graphique des pluies tombées à Musasa et les débits reconstitués à Gihofi



Graphique n° 13 : Graphique des pluies mesurées à Kirundo et les débits reconstitués à Marangara



3.3.2. La vulnérabilité passée et actuelle

De façon générale, la vulnérabilité du secteur des ressources en eau se manifeste notamment à travers :

- La diminution du volume et du niveau d'eau dans les cours d'eau ;
- Une insuffisance d'eau potable pour la population de la région
- Le tarissement de petites sources d'eau ;
- La baisse du rendement agricole avec comme conséquence la famine ;
- La malnutrition, la prolifération des maladies surtout celles hydriques (choléra, dysenterie bacillaire), l'exode de la population ;
- La faible pluviosité entraînant la dégradation du couvert végétal, cela conduisant à son tour à la désertification ;
- Une pauvreté monétaire généralisée et une dépendance accrue de l'assistance humanitaire.

3.4. La situation de base du secteur de l'énergie

Dans le cadre de cette étude de vulnérabilité et d'adaptation aux changements climatiques, une attention particulière a été portée sur l'étude des impacts et de la vulnérabilité aux changements climatiques de la production hydroélectrique, sur l'envasement des centrales hydroélectriques et sur la disponibilité des ressources en bois-énergie.

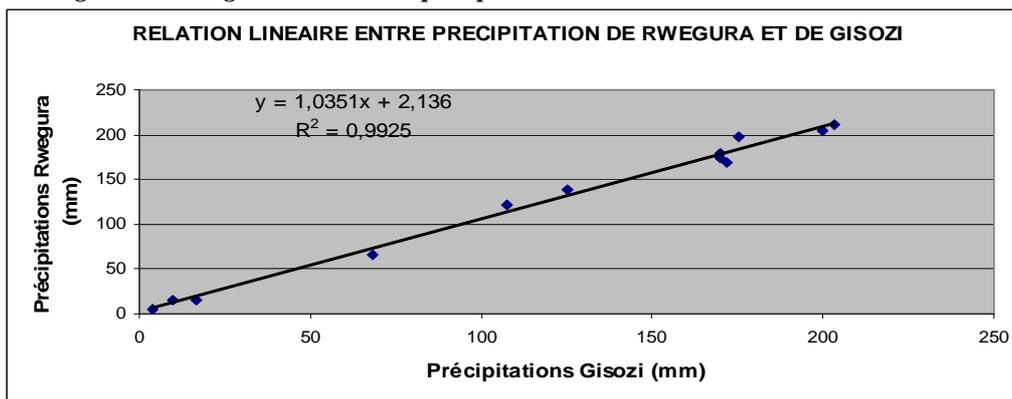
L'impact des changements climatiques sur la production hydroélectrique a été abordée en analysant les effets de la réduction ou de l'accroissement des précipitations sur les débits des rivières dans le cadre d'un bassin versant. Cette analyse a été faite pour la centrale de Rwegura. Les effets de l'envasement des centrales sur la production hydroélectrique aura été abordés de façon empirique à partir des observations sur terrain à la centrale de Marangara, de Kayenzi et de Buhiga. La situation du secteur du bois énergie a été abordée globalement par l'évolution de la superficie des boisements.

3.4.1. Situation sur la production hydroélectrique

Dans le cadre de la production hydroélectrique, on utilise les débits pour évaluer la production d'un site de centrale hydroélectrique. Le débit est calculé à partir des précipitations dans les bassins versants tant pour les centrales hydroélectriques en service que pour les centrales hydroélectriques en cours d'études. Dans les données sur les précipitations qui ont été mises à disposition par l'IGEBU²² pour les besoins des études de vulnérabilité, il n'y avait pas les précipitations de RWEGURA. Aussi, les experts du secteur de l'énergie ont utilisé les précipitations de GISOZI pour l'évaluation des précipitations de RWEGURA en recourant aux techniques de régression. Une relation linéaire a été établie entre les précipitations moyennes mensuelles de GISOZI et celles de RWEGURA avec un bon coefficient de corrélation ($R^2 = 0.9925$) dans la figure n° 8 ci-après.

²² SHIRAMANGA Maurice et BARAKIZA Ruben, Situation de base et projections climatiques, PNUD/MINATTE, Rapport définitif, Novembre 2008.

Figure n°8 : Régression entre les précipitations de GISOZI et celles de RWEGURA



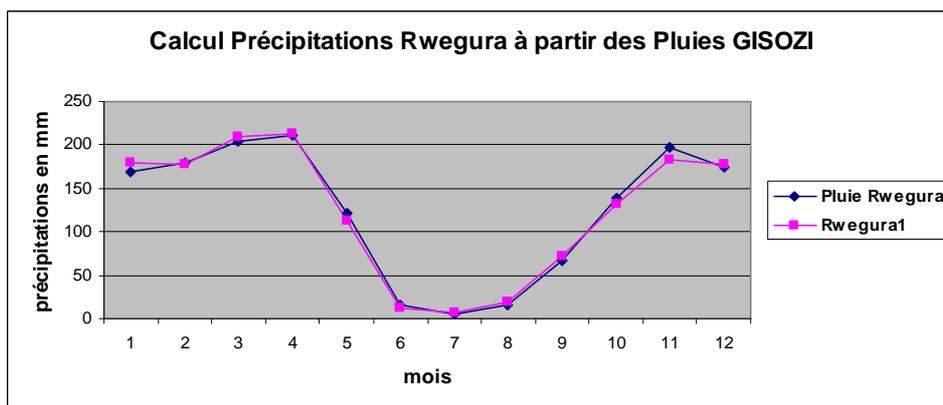
En utilisant la relation linéaire ainsi définie, les précipitations mensuelles de GISOZI ont été utilisées pour évaluer les précipitations dans le bassin versant du barrage de RWEGURA selon le contenu du tableau n° 11.

Tableau n° 11 : Calcul des précipitations moyennes mensuelles de RWEGURA à partir des précipitations moyennes mensuelles de GISOZI.

MOIS	Pluie Gisozi	Pluie Rwegura	Rwegura1
1	171,9	169,3	180,1
2	170	179,8	178,1
3	200,1	205	209,3
4	203,5	210,5	212,8
5	107,4	121,2	113,3
6	9,6	15,4	12,1
7	4	5,5	6,3
8	16,8	15,1	19,5
9	68,4	66,4	72,9
10	125,4	138,4	131,9
11	175,2	196,8	183,5
12	169,7	174,1	177,8
ANN	1422	1497,5	1497,5

L'illustration de la figure n° 9 donne les précipitations moyennes mensuelles de RWEGURA mesurées sur la période de 1963 à 1997 et celles calculées à partir des précipitations moyennes mensuelles de GISOZI traduisant ainsi une bonne corrélation des résultats qui a permis de valider le modèle de régression utilisée.

Figure n° 9: Précipitations moyennes mensuelles de RWEGURA mesurées et calculées



En utilisant l'évolution des débits mensuels de Rwegura mesurés entre 1972 et 1986 (²³) du tableau n° 12 et les précipitations mensuelles enregistrées à RWEGURA sur la même période, les experts de l'énergie ont établi une relation polynomiale de 2^{ème} ordre liant les précipitations aux débits avec un coefficient de corrélation néanmoins faible car la série de données était limitée sur 14 ans avec certaines discontinuités.

Tableau n° 12 : Débit moyen mensuel de RWEGURA (m3/sec)

Année	Jan	Févr.	mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Sept	Oct.	Nov.	Déc.	Moyenne
1972									1,55	1,87	2,23	2,06	1,928
1973	2,2	1,71	1,63	1,89	1,99	1,55	0,88	0,69	1,9	1,7	2,24	1,93	1,693
1974	1,85	1,59	1,66	2	2,16	1,57	1,22	1,02					1,634
1978									1,24	1,34	1,63	1,71	1,480
1979	1,65	1,64	1,88	2,64	2,44	1,67	1,41	1,12	0,97	1,04	1,35	1,47	1,607
1980	1,27	1,36	2,3	2,14	1,85	1,52	0,92	0,75	0,84	1,31	1,77	1,7	1,478
1981	1,36	1	1,83	2,91	2,78	1,36	0,91	0,88	1,27	1,07	1,08	1,34	1,483
1982	1,35	1,05	1,55	3,38	2,56	1,42	1,06	0,97	0,98	1,44	2,05	2,33	1,678
1983	1,39	1,62	2,24	3,34	3	1,53	1,61	1,72	1,65	1,8	1,71	1,62	1,936
1984	2,58	1,95	1,99	2,04	1,63	1,7	1,7	1,38	0,89	0,98	0,99	1,05	1,573
1985	0,96	1,34	1,59	3,58	2,47	1,75	1,22	0,66	1,27	1,03	1,34	1,47	1,557
1986	1,7	1,88	1,78	2,57	1,97	1,67	1,17	0,89					1,704
Moyenne	1,631	1,514	1,845	2,649	2,285	1,574	1,21	1,008	1,256	1,358	1,639	1,668	1,636

Pour l'évaluation de l'évolution future des débits, les experts de l'énergie ont dû utiliser une relation corrigée pour réduire les écarts qui apparaissaient par rapport au débit annuel moyen de RWEGURA mesuré sur la période considérée. La relation utilisée est reprise ci-après :

$$Y = 1E-05 * X^2 + 0,0007 * X + 1,335$$

Avec Y= le débit calculé à Rwegura
X= le débit réel mesuré à Rwegura

L'application de cette relation mathématique a conduit aux résultats des débits calculés qui sont repris dans le tableau n° 13.

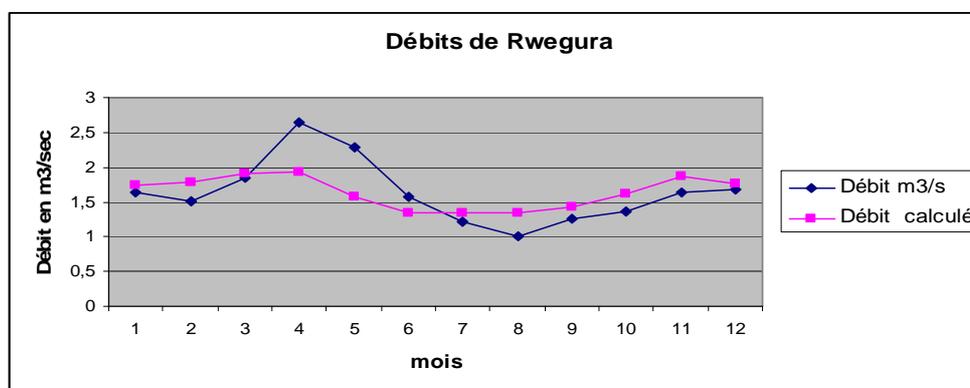
²³ TRACTEBEL, Etude de justification technico-économique de l'interconnexion des réseaux de transport liés à la centrale hydroélectrique de Rusumo Falls, Volume 2, Edition définitive, OBK, septembre 1995.

Tableau n° 13 : Débits mensuels mesurés et calculés à RWEGURA

Mois	Pluie mm	Débit m3/s	Débit calculé
1	169,3	1,631	1,740
2	179,8	1,514	1,784
3	205	1,845	1,899
4	210,5	2,649	1,925
5	121,2	2,285	1,567
6	15,4	1,574	1,348
7	5,5	1,21	1,339
8	15,1	1,008	1,348
9	66,4	1,256	1,426
10	138,4	1,358	1,623
11	196,8	1,639	1,860
12	174,1	1,668	1,760
Moyenne	124,8	1,636	1,635

Une comparaison des débits mesurés et des débits calculés a été donnée dans la figure n° 10. Les minima et les maxima des débits ont été lissés autour du débit moyen annuel qui est identique dans les deux cas. Ainsi, les formules relevées ci-dessus pourront être utilisées pour l'évaluation de la situation future à partir des précipitations de la station de GISOZI dont l'évolution jusqu'en 2050 est donnée ci-après par l'IGEBU.

Figure n° 10 : Comparaison des débits calculés et mesurés à RWEGURA



La puissance électrique d'une centrale hydroélectrique sera ainsi donnée par le débit nominal de la turbine. Il convient de préciser que pour les charges réduites, le rendement des turbines varie beaucoup avec le débit. En général, le rendement maximal d'une turbine est atteint pour des débits variant entre 60% et 90%²⁴. Le débit instantané d'un cours d'eau dépend du régime des pluies qui sont fonction des saisons dans le cas du Burundi. Le débit instantané varie au cours d'une année avec un minimum généralement à la fin de la saison sèche. Pour les centrales hydroélectriques avec réservoir, le débit annuel moyen évalué sur plusieurs années permet d'estimer les potentialités énergétiques d'une installation.

²⁴ Programme d'action PACER, Petites centrale hydroélectriques : le choix, le dimensionnement et les essais de réception d'une miniturbine, Office Fédéral des questions conjoncturelles, Berne/SUISSE, août 1995.

3.4.2. Envasement des centrales hydroélectriques

Le calcul de l'envasement est évalué à partir du volume annuel des sédiments qui est fonction du module annuel moyen de la rivière, de l'érosion, de la concentration en sédiments (g/l), de la durée considérée ainsi que de la densité des matériaux en place. Dans ce calcul, la formule empirique ci-après²⁵ a été utilisée:

$$S = 31,536 * Q_a * C_o / C_v * D * 10^6 \quad (m^3) \quad [1]$$

Avec S = le volume des apports en sédiments (m^3)
 Q_a = le module annuel moyen de la rivière (m^3/s)
 C_o = Concentration de l'eau en sédiments (g/litre)
 C_v = densité des sédiments (g/m^3),
 D = durée (en années).

Les apports en sédiments augmentent de façon linéaire suivant l'évolution du débit moyen de la rivière Q_a consécutif à l'accroissement des précipitations. La concentration des matières en suspension est fonction de la taille du bassin versant, de la pente du terrain, du couvert végétal et de la nature des sols ainsi que du mode d'exploitation. Le Burundi étant un pays tropical, il fait face à de fortes précipitations qui conduisent à des transports solides extrêmement importants. Il n'existe pas encore une base de données sur l'évolution de l'envasement des centrales hydroélectriques.

Bien que le calcul final des sédiments n'ait été effectué pour un bassin versant précis, une évaluation sommaire sur base d'hypothèses plausibles d'un rapport C_o/C_v égale 0,025 et $D=1$ année, permet d'évaluer la quantité de sédiments générés qui se dépose chaque année dans le lac de retenue de Marangara par la relation [1] de la section 3.4.2 qui devient ainsi linéaire:

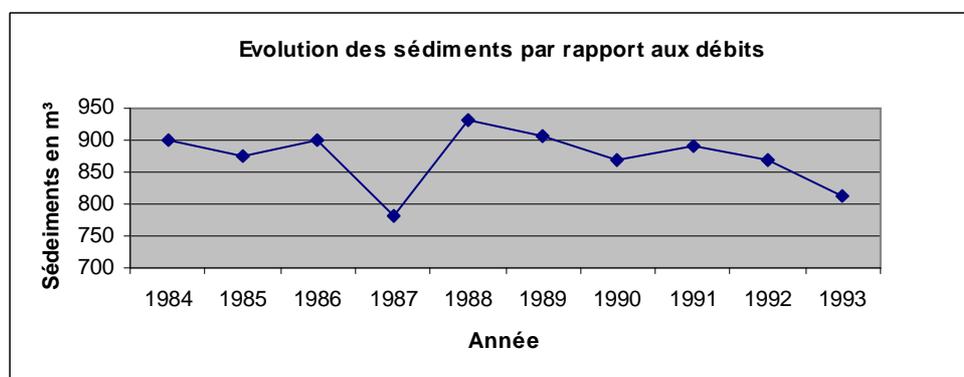
$$Y = 788,4 * X$$

Avec Y = la quantité de sédiments générés sur une année

X = le débit

788,4 = est le coefficient obtenu en remplaçant les paramètres par leurs valeurs respectives dans la formule [1] précitée.

Figure n°11: Evolution des sédiments annuels de la retenue de Marangara



²⁵ SUNZU NTIGAMBIRIZWA S., Etude de la vulnérabilité et adaptation aux changements climatiques, Secteur de l'Energie, MINATTE, /Bujumbura, mai 2001.

Ainsi, en présence des changements climatiques, tout accroissement des précipitations sur un bassin versant va se traduire par l'augmentation des transports solides. Les cas des barrages de MARANGARA et de BUHIGA sont déjà très révélateurs de l'impact des précipitations sur l'envasement des barrages des centrales hydroélectriques du Burundi.

Une étude approfondie devrait être réalisée pour (i) mesurer le niveau d'envasement des centrales hydroélectriques en service, (ii) évaluer le transport solide des eaux entrant dans les retenues des centrales en service actuellement et (iii) prévoir ainsi le niveau d'envasement des futurs barrages.

3.4.3. Les ressources en bois-énergie

Se basant sur les publications de la CCNUCC qui précisent qu'avec l'accroissement des températures liées aux changements climatiques, la probabilité d'occurrence des feux de brousse est relativement élevée entraînant de facto une réduction concomitante de la superficie boisée, les experts du secteur de l'énergie ont adopté une formule empirique pour analyser l'impact des températures sur la superficie des boisements :

$$S_i = S_o * (1 - (T_i - T_o) / T) \quad [2]$$

Avec S_i = la superficie des boisements à l'horizon souhaité i
 S_o = la superficie des boisements à l'origine
 T_o = la moyenne de la température annuelle à l'origine
 T_i = la température à l'horizon i .

Tout accroissement de température conduirait à la réduction de la superficie boisée suite à l'accroissement consécutif des feux de brousse. Ainsi, les sécheresses prolongées favoriseraient la prolifération des feux de brousse surtout dans la région du Kumoso et du Buyogoma et la destruction des boisements à but énergétique.

3.4.4. Analyse de la vulnérabilité passée et actuelle

Les études menées sur la vulnérabilité du secteur de l'énergie au Burundi ont montré que le Burundi est vulnérable aux changements climatiques dans le domaine de la production hydroélectrique et de la disponibilité de la ressource bois-énergie et de ses dérivées. L'effet de la sécheresse sera de réduire le débit instantané soumis aux turbines des centrales hydroélectriques en réduisant ainsi le rendement de la production hydroélectrique.

De façon général, les impacts des changements climatiques observés dans le passé sur *le secteur de l'hydroélectricité* sont les suivants:

- (i) La réduction de la production électrique de tout le système de production électrique national suite à la sécheresse et au déficit pluviométrique ;
- (ii) Le fonctionnement à charge réduite pour certaines centrales hydroélectriques
- (iii) La mise à l'arrêt de certaines centrales hydroélectriques.
- (iv) Envasement des barrages de retenue des centrales et microcentrales hydroélectriques en service suite à une érosion forte dans les bassins versants des barrages ;
- (v) Les fortes inondations en décembre 2007 et en mars 2008 suite à des précipitations importantes qui ont causé des éboulements et des glissements de terrain aux alentours

du barrage et de la centrale de Mugere. En décembre 2007, la conséquence majeure aura été l'arrêt du fonctionnement de la centrale pendant 24 heures²⁶ suivant les photos n°1 et n° 2.

- (vi) Destruction de la route menant à la centrale de Mugere dès décembre 2008 et coupure totale de la route suite aux pluies de mars 2008 qui ont systématiquement emporté les ponts et détruit les accotements de la route par des éboulements et des glissements de terrain.
- (vii) Pendant les pluies à forte intensité, l'érosion hydrique est très grande car le sol est devenu fragile et des tonnes de terre, de pierre et d'arbre sont emportées vers la vallée creusant au passage des sillons immenses autour de MUGERE

Photo n° 7 : Poste de Mugere, décembre 2007.



Source : REGIDESO

Les données hydrologiques sont donc essentielles pour le dimensionnement des projets de centrale hydroélectrique. Une mauvaise évaluation des débits, et donc des quantités d'eau disponibles, entraînent des écarts parfois très importants entre la puissance attendue et la puissance réellement disponible. Les inondations constituent ainsi un risque important pour les infrastructures de production hydroélectrique. Pour la centrale hydroélectrique de MUGERE, les solutions déjà envisagées portent sur :

- L'élargissement de la zone de protection autour du barrage et de la centrale qui soit interdite aux cultures;
- Le renforcement du mur de soutènement autour de la centrale;
- Le reboisement dans le bassin versant de MUGERE notamment par l'agroforesterie;
- Le creusement des courbes de niveau pour réduire l'érosion.

Ces mesures d'adaptation sont également recommandables aux autres centrales hydroélectriques en tant que des options pouvant être mises en places à un niveau local avec le concours de l'administration et de la population à la base.

²⁶ Entretien avec le Directeur de l'Electricité de la REGIDESO, 23 juillet 2008.

Le secteur des ressources en bois au Burundi est caractérisé actuellement par une connaissance limitée de la ressource forestière étant donné que le dernier inventaire forestier sectoriel date de 1976 et par une pression importante sur les ressources existantes à la recherche du bois de feu, du charbon de bois et du bois d'œuvre. Mais le secteur des ressources en bois connaît également des difficultés d'application des textes réglementaires régissant l'exploitation et la protection des boisements. A cause des modifications dans le niveau et la répartition des précipitations et l'accroissement des températures, le secteur des ressources en bois fait face aux principales vulnérabilités actuelles suivantes :

- Réduction de la superficie boisée suite à l'effet combiné de l'activité de l'homme et des impacts de la réduction des précipitations et de l'accroissement des températures consécutivement à la modification dans la croissance de la végétation et aux difficultés de régénération du couvert végétal et forestier;
- Baisse de la productivité des ressources forestières existantes qui conduit à la réduction de la quantité disponible de bois et de charbon de bois suite à des sécheresses qui auront tendance à se prolonger;
- Déforestation progressive du pays et particulièrement des régions du Bugesera qui présentent des indices élevés de sécheresse²⁷ par plusieurs effets combinés de l'homme et des changements climatiques.

3.5. La situation de l'agriculture

3.5.1. Les indicateurs du secteur

Les experts du secteur de l'agriculture ont analysé en profondeur la variabilité du régime pluviométrique en saison A et en saison B pour évaluer leurs impacts sur le cycle de développement des cultures vivrières, des cultures industrielles. Les cultures vivrières considérées sont : la pomme de terre, le blé, le maïs et le sorgho et le riz, les cultures industrielles considérées étant le palmier à huile et le caféier.

Dans l'évaluation de ces impacts, un seul indicateur a été utilisé, à savoir, le rendement de la production dont l'évolution dans le temps dépend de la date de semis, de début des précipitations, de leur durée, de leur intensité et de leur fréquence.

3.5.2. Vulnérabilité des facteurs agro-écologiques

La variabilité du régime pluviométrique en saison A et en saison B se manifeste par des retards dans les précipitations avec des pics de précipitations qui interviennent tardivement et de façon irrégulière. Pour la saison A, qui va généralement de septembre à janvier, elle est caractérisée depuis 1994 par une variabilité accrue du régime pluviométrique avec les principales constatations suivantes:

- Pour la région de haute altitude, on remarque qu'il y a de très faibles précipitations au mois de septembre avec des pics de précipitations (250-400 mm) au mois de novembre et de décembre qui varient néanmoins d'une façon très irrégulière d'une année à une autre. Globalement, les variations pluviométriques suivent une allure très

²⁷ PNUD, Burundi – Indice de sécheresse, www.bi.undp.org.

irrégulière pour les mêmes mois au fil des années; le retour des pluies et les semis effectifs ont lieu au-delà de la deuxième quinzaine du mois d'octobre.

- Pour les dépressions de Moso, le mois de septembre est très sec et connaît des précipitations inférieures à 50 mm/an depuis 1994 avec une moyenne des pics des précipitations répartie entre 200-230 mm/an. Les mois de décembre et de janvier connaissent peu de variations de précipitations (150-200 mm/an) selon les mêmes mois au fil des années. En pratique, les semis se font au-delà du mois de novembre et souvent en décembre.
- Pour la région de l'Imbo, le mois de septembre est sec avec les précipitations inférieures à 50 mm avec des pics de précipitation disposés en triangles pointus anarchiques (150-200 mm/an de décembre à janvier depuis 1998). Le semis est en général effectué au début novembre.
- Pour les dépressions de Bugesera, les données pluviométriques disponibles dans la station météorologique de Kirundo ne représentent pas réellement la situation météorologique qui prévaut dans les communes de Bugabira et Busoni. Il s'agit des zones très marginales qui accusent de grands déficits hydriques surtout de septembre à décembre. Les premières pluies qui arrivent en fin décembre, en quantité insuffisante et très irrégulière ne permettent plus d'amorcer la germination.

S'agissant de la saison B, c'est le tarissement précoce des pluies qui constitue la plus grande vulnérabilité du secteur agricole dans les zones étudiées. La répartition régulière des pluies entre mars à juillet permettait d'obtenir de bonnes récoltes. Mais, actuellement la fin des pluies intervient souvent au courant du mois d'avril alors que les plants sont encore trop jeunes. La croissance et le développement des plants deviennent incertains et les récoltes deviennent médiocres dans presque toutes les régions du pays surtout celles du Nord et de l'Est.

Les relevés climatologiques sur la pluviométrie du Burundi montrent clairement que le départ définitif des pluies en deuxième saison culturale se produit au mois de mai depuis 1995 causant un raccourcissement de la deuxième saison culturale qui est actuellement de deux mois à partir de mars jusqu'au début de mai. Pour toutes les régions, le pic et l'intensité des précipitations sont en forte baisse et se situent de plus en plus vers le mois d'avril pour se terminer complètement en mai. Comme les plantations se font tardivement en première saison culturale en fin du mois d'octobre et même au mois de novembre, les récoltes se feront au mois de février où les labours se terminent au mois de mars qui coïncide avec le début des semis. C'est une situation critique même pour la croissance des plants dont le développement et la maturation sont arrêtés par déficit hydrique.

Le paradoxe est la région de Bugesera qui totalise une grande quantité de précipitations annuelles alors qu'elle accuse un déficit hydrique jamais exprimé ailleurs: c'est à dire qu'il pleut en grande quantité sur une courte période surtout au mois d'avril et disparaît avant le mois de mai. Le pic et l'intensité des précipitations se situent au mois d'avril entre 200 et 300 mm mais vont diminuant depuis 1997.

3.5.3. Développement des données du secteur agricole

Les données pluviométriques et agricoles ont été traitées à l'aide de la méthode graphique (par Excel) et de régression linéaire multiple pour montrer les variations des productions et rendements agricoles en rapprochement avec les variations pluviométriques saisonnières et annuelles de chaque zone agro-écologique considérée. Il a été considéré une période de

référence à partir de 1994 à 2005 (2006 selon les données disponibles). L'objectif était de déceler la tendance des productions agricoles en rapport avec les variations extrêmes de la pluviométrie à long terme.

La variabilité des précipitations conduit inexorablement à une variabilité des productions agricoles vivrières à cause de la variation des périodes de plantation observables à partir 1993. Elle est aggravée par le déficit hydrique des plants à cause des tarissements répétitifs et précoces des pluies. Celles-ci se sont raréfiées surtout dans les régions du Nord et de l'Est du pays. La plupart des lacs et des marécages ont séché.

La disponibilité des semences de la plupart des cultures (soja et arachide) en deuxième saison culturale est difficile car les semis se font tardivement en première saison culturale et la récolte se fait en conséquence fin février comme le montre le tableau 14 ci-après.

Tableau n°14: Variation des périodes de plantation

Culture	Avant 1995			1995-2008		
	Saison A		Saison B	Saison A		Saison B
	Plantation	Récolte	Plantation	Plantation	Récolte	Plantation
Pomme de terre	1-30 septembre	1-30 décembre	15 février-1 mars	15 octobre-30 novembre	1-25 février	1-30 mars ⁽²⁸⁾
Haricot	Idem	Idem	Idem	Idem	>15 février	1-15 Mars
Soja	Idem	Idem	Idem	Idem	> 1 mars	-
Arachide	Idem	Idem	Idem	Idem	> 1 mars	-

Source : Rapports annuels de production des semences ISABU

3.5.3.1. Les rendements des cultures vivrières

Les rendements des cultures en ont été très affectés par les paramètres climatiques comme cela est visible sur le tableau n° 15.

Tableau n°15: Rendements moyens de certaines cultures de production des semences à l'ISABU

Culture	Saison A (Septembre - Février)		Saison B (Février - Juillet)	
	Rendement moyen avant 1995 (kg/ha)	Rendement moyen entre 1995-2007 (kg/ha)	Rendement moyen avant 1995 (kg/ha)	Rendement moyen entre 1995-2007 (kg/ha)
Pomme de terre	15.000-25.000	10.000-15.000	10.000-15.000	5.000-10.000
Haricot	1.000 - 2.000	300- 900	800 - 1.000	400 - 700
Soja	1.000 - 2.000	800- 1.400	700 - 1.200	-
Arachide	1.000 - 1.500	500- 1.000	500 - 800	-
Maïs			2.000 - 4000	1.500-2.500
Riz			5.000 - 6.000	4.000-5.000
Sorgho			2.000 - 2.500	1.500-2.000
Blé			1.500 - 2.500	400-1.200

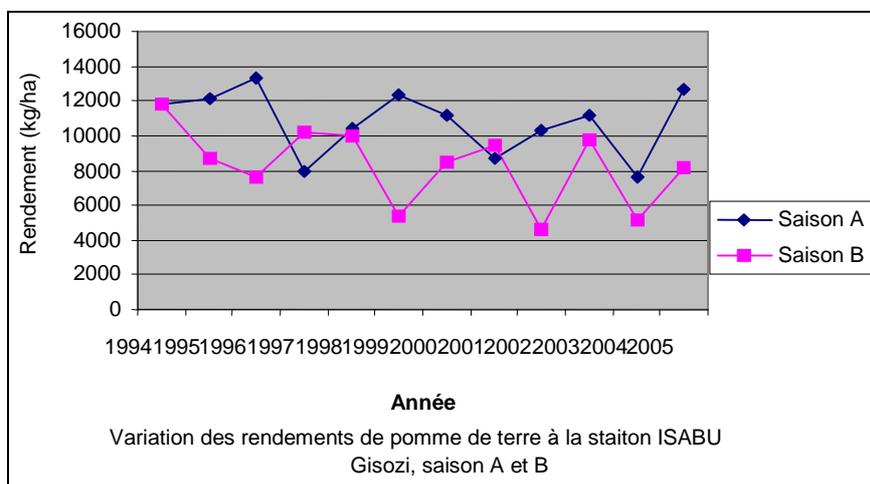
Source : Gérard RUSUKU et Juvent BARAMBURIYE, *Vulnérabilité et adaptation aux changements climatiques du secteur agriculture, PNUD/MINATTE, Septembre 2008.*

²⁸ Les récoltes de pomme de terre (plançons) produites en première saison culturale par les Directions Provinciales de l'Agriculture et de l'Elevage (DPAE) ne peuvent plus être utilisées par les autres centres semenciers en deuxième saison culturale car les tubercules ne sont pas encore germés pour être plantés en fin du mois de février ou de mars. Elles sont écoulées dans la saison marais qui commence avec juillet.

3.5.3.2. Evolution de la production des cultures vivrières et des cultures industrielles

Nous reprenons dans la figure n° 12 les variations des rendements de production de pomme de terre pour semence à l'ISABU de 1995 à 2005.

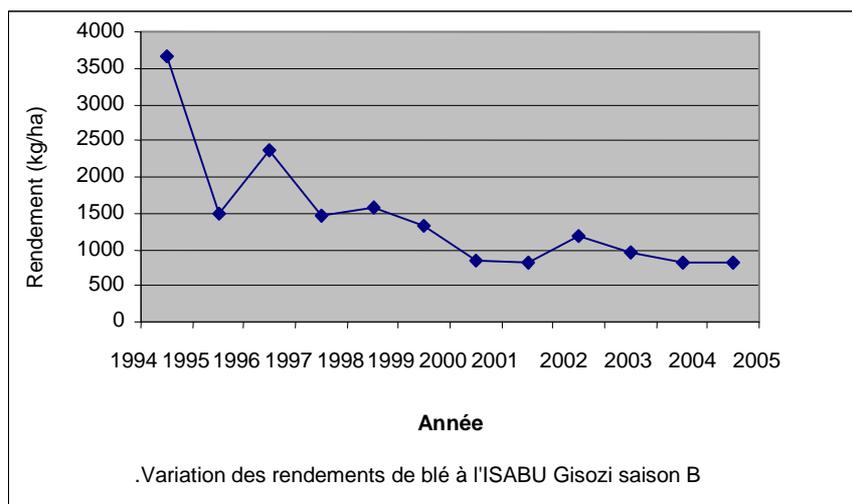
Figure n° 12 : Evolution de la production de la pomme de terre pour semence à ISABU



Source : Gérard RUSUKU et Juvent BARAMBURIYE, Vulnérabilité et adaptation aux changements climatiques du secteur agricole, PNUD/MINATTE, Septembre 2008.

Pour le blé (Figure n° 14), on remarque une chute progressive de rendements depuis 1994, due au départ précoce des pluies en fin du mois d'avril juste 1 mois après le semis entraînant une très faible croissance et un développement chétif des plantes suivi d'un avortement des fleurs.

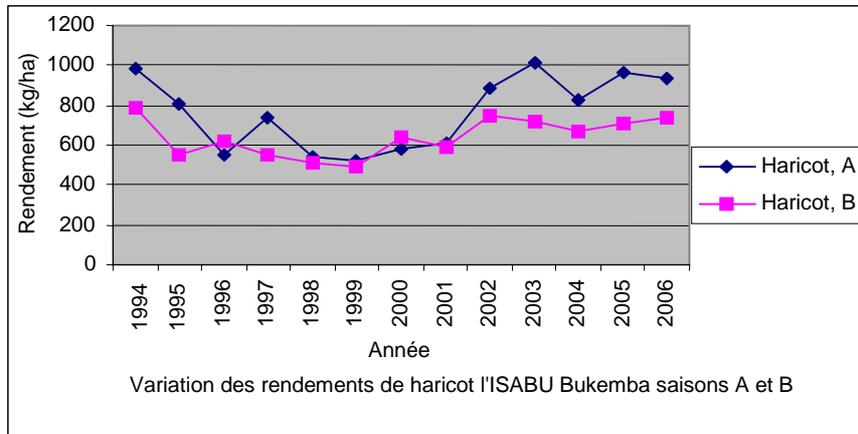
Figure n° 13 : Evolution du rendement de production du blé



Source : Gérard RUSUKU et Juvent BARAMBURIYE, Vulnérabilité et adaptation aux changements climatiques du secteur agricole, PNUD/MINATTE, Septembre 2008.

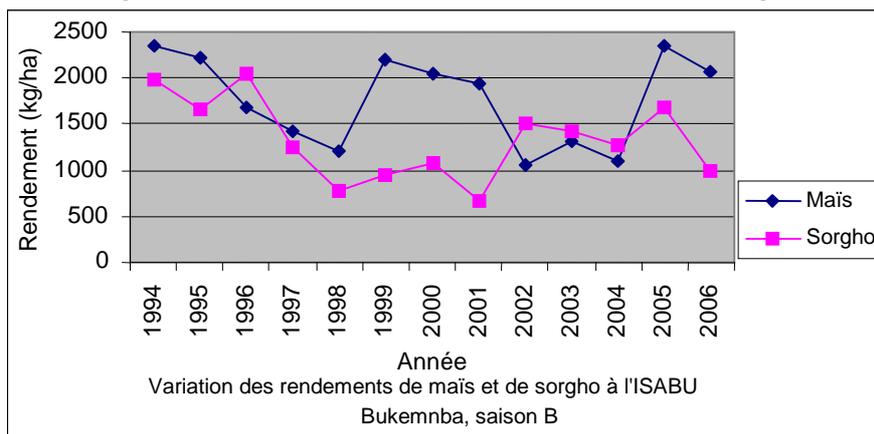
Les figures n° 14, n° 15, n° 16 indiquent l'évolution des autres cultures vivrières (haricot ; le maïs et sorgho ; riz) sur la même période de 1994 à 2005.

Figure n° 14 : Evolution des rendements des haricots



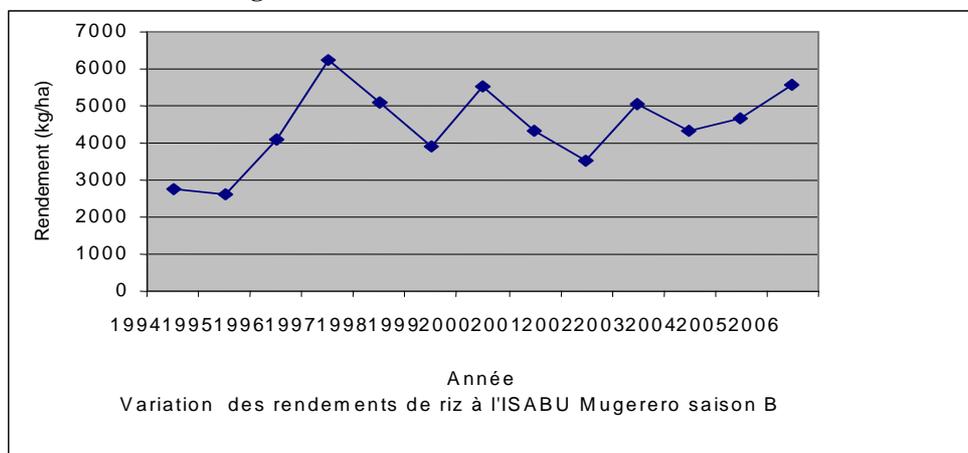
Source : Gérard RUSUKU et Juvent BARAMBURIYE, Vulnérabilité et adaptation aux changements climatiques du secteur agriculture, PNUD/MINATTE, Septembre 2008.

Figure n° 15 : Evolution des rendements de maïs et du sorgho



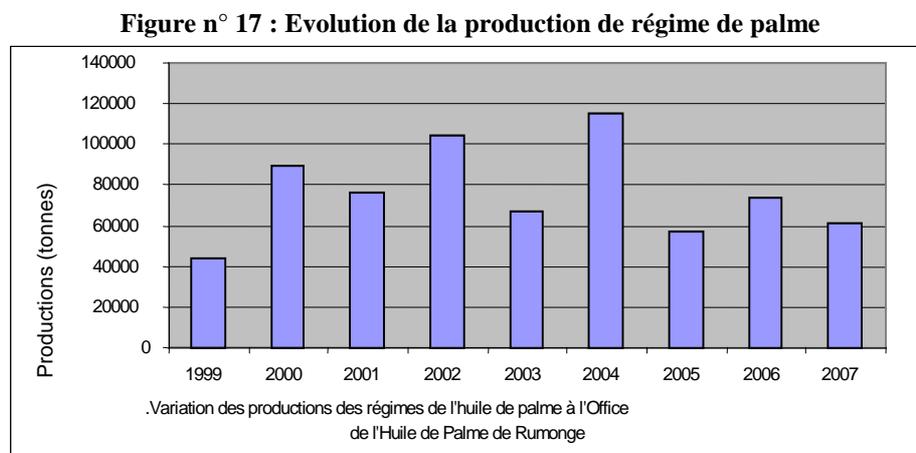
Source : Gérard RUSUKU et Juvent BARAMBURIYE, Vulnérabilité et adaptation aux changements climatiques du secteur agriculture, PNUD/MINATTE, Septembre 2008.

Figure n° 16 : Evolution des rendements du riz



Source : Gérard RUSUKU et Juvent BARAMBURIYE, Vulnérabilité et adaptation aux changements climatiques du secteur agriculture, PNUD/MINATTE, Septembre 2008.

La figure n° 17 indique quant à elle l'évolution de la production du palmier à huile sur la période de 1994 à 2005.



Source : Gérard RUSUKU et Juvent BARAMBURIYE, Vulnérabilité et adaptation aux changements climatiques du secteur agricole, PNUD/MINATTE, Septembre 2008.

3.5.4. Impacts actuels observés et actions en cours

L'analyse des rendements de la production des cultures vivrières indiquent une vulnérabilité importante du secteur de l'agriculture à la variabilité du climat qui se manifeste de plus en plus par la réduction des rendements de production à l'hectare sur toutes les cultures. Les impacts identifiés des changements climatiques sur le secteur agricole sont notamment :

- Une baisse des rendements de production à l'hectare en saison A et B sur toutes les cultures vivrières (sauf le riz) entre 1995 et 2001 le cas le plus typique étant celui du blé dont la production est en chute libre de 1995 à 2005.
- Les rendements de production de la saison B sont dans l'ensemble inférieurs à ceux de la saison A à cause du départ précoce des précipitations en saison B au mois d'avril depuis plus d'une décennie.
- L'évolution de la culture du riz indique des alternances entre de bons et de mauvais rendements qui sont dues à l'introduction de nouvelles variétés et des engrais sous forme de crédits remboursables.
- Les plantations de l'OHP ne sont pas irriguées ni par gravité ni par pompage souterrain d'où une baisse rapide de productivité tributaire aux changements climatiques.
- La dégradation de la fertilité des terres dans le Bugesera suite à la disparition du couvert végétal et la dégradation des sols consécutives à la sécheresse prolongée de 1998 à 2004.
- L'érosion génétique des espèces et des variétés traditionnelles de sorgho, de haricot et de pomme de terre est observée dans plusieurs sites semenciers par la disparition de certains cultivars.
- Certaines localités du Bugesera et du Kumoso connaissent déjà une famine quasi-permanente suite à la sécheresse prolongée hypothéquant la sécurité alimentaire de la population.

Pour faire face à cette situation de vulnérabilité, des stratégies visant l'atténuation de l'insécurité alimentaire ont été mises en place. C'est notamment le cas de (i) l'exploitation rationnelle des

marais aux fins agricoles, (ii) la protection des bassins versants tout en veillant à la sauvegarde de l'environnement, (iii) la préparation d'un document stratégique (2007) de Régionalisation des Cultures et de l'Elevage selon les avantages comparatifs des régions agro-écologiques, (iv) la mise en place du Programme de Réhabilitation Agricole et de la Gestion Durable des Terres (PRASAB) ainsi que (v) l'appui du FIDA (Fonds International de Développement Agricole) et de l'Initiative du Bassin du Nil.

Des nouveaux projets sont en cours de développement pour la collecte et le stockage des eaux de pluie en vue de les utiliser pour des irrigations temporelles des maraîchages ou des cultures vivrières à court cycle pendant les périodes de déficit hydrique.

3.6. Secteur de l'élevage

L'élevage au Burundi est tributaire des conditions pluviométriques. Il est très vulnérable aux variabilités climatiques, comme le montrent les nombreuses famines répétitives qui sévissent dans les régions du Nord-Est et de l'Est du pays, qui, il n'y a pas longtemps, étaient considérées comme le grenier du pays. L'étude sectorielle a porté sur l'élevage dans la région du Bugesera au Nord-Est du Burundi dans la province de Kirundo, dans l'Imbo Centre et dans la région du Kumoso qui ont déjà subi des effets néfastes des changements climatiques notamment la réduction de la production de l'élevage, de la pêche et des effectifs animaux.

Les paramètres climatiques ont des effets directs sur l'alimentation du bétail qui influence à son tour positivement ou négativement la production animale. De même, l'abondance ou l'absence des précipitations ainsi que les fluctuations des températures déterminent les conditions favorables ou pas de certaines maladies et des parasites animales.

3.6.1. Développement des données

Dans l'analyse de la situation de base de l'élevage, les données utilisées portent sur l'évolution des effectifs dans les 3 zones d'études ainsi que la production de lait, de viande et de poissons. Les tableaux n° 16 et 17 indiquent respectivement l'évolution des effectifs des animaux domestiques et de la production animale en 2005, année de référence. Le tableau n°18 donne quant à lui l'évolution des effectifs animaux du pays de 2000 à 2006.

Tableau n° 16: Effectifs de bétail par région étudiée exercice 2005

Espèce	Bugesera	Kumoso	Imbo centre
Bovins	28 289	26 324	43 395
Caprins	202 279	148 692	23 100
Ovins	10 435	8 485	1 188
Porcins	11 084	4 655	20 014
Volailles	170 774	160 408	39 758
Lapins	27 892	3 587	21 784
Ruches	13 978	17 144	394

Sources : Rapport annuel de la DGE

Tableau n° 17 : Les productions animales dans les régions étudiées en 2005

	Bugesera	Kumoso	Imbo centre
Lait de vache (en litres)	166 074	1 001 801	2 240 600
Bovins abattus (têtes)	1 710	4 585	5 008
Caprins abattus (têtes)	37 998	10 079	9 972
Ovins abattus (têtes)	1 136	757	92
Porcins abattus (têtes)	6 834	976	488
Œufs pondus (nbres)	10 006	597 012	178 700
Miel (kg)	DND	DND	2 880

Sources : Rapport annuel DGE

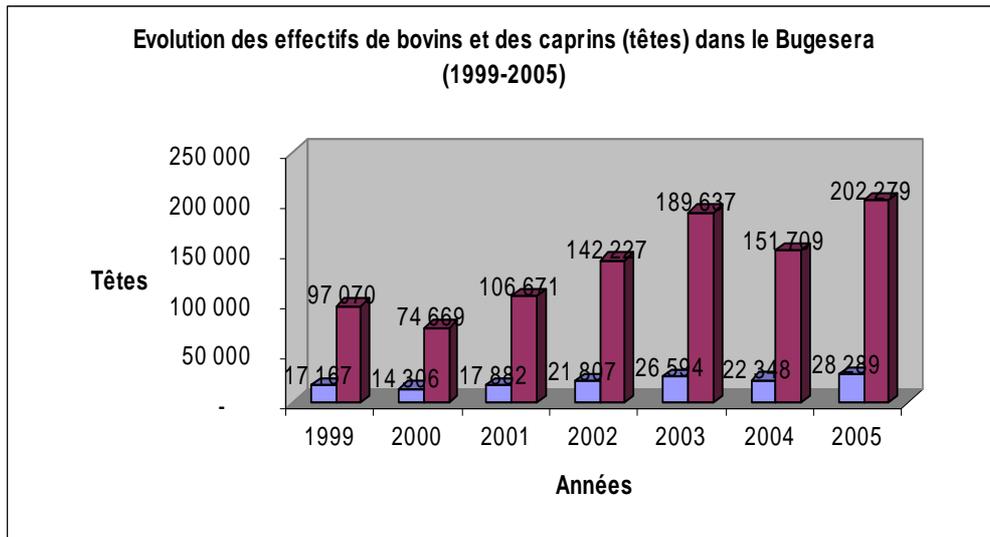
Les relations de base entre les données de l'élevage et les paramètres climatiques ont été obtenues par l'analyse de la variabilité du régime pluviométrique en saison A et en saison B dans leurs influences sur la disponibilité des aliments pour bétail dans le Bugesera, l'Imbo-Centre et dans le Kumoso. Ainsi, les analyses effectuées sur les pâturages dans la région du Bugesera indiquent que ceux-ci ont été desséchés suite au déficit pluviométrique obligeant les éleveurs à la transhumance et au regroupement des animaux autour des cours d'eau. Il en est de même dans les zones de l'Imbo-Centre et du Kumoso pour lesquelles le départ précoce des précipitations qui s'observe aujourd'hui ne permet plus aux cultures fourragères et aux pâturages naturels d'arriver à une bonne maturité.

En effet, le départ des pluies se fait couramment à la fin du mois d'Avril alors que les herbes sont encore trop jeunes. La croissance et le développement des pâturages et des cultures fourragères s'arrêtent avec le départ des précipitations surtout dans les régions du Bugesera et du Kumoso. De même, les phénomènes climatiques extrêmes comme les sécheresses modifient fortement les limites de la végétation pastorale, la productivité animale et la qualité de l'eau entraînant ainsi l'amaigrissement du bétail, la soif et voir l'inanition et la mort. Près de 35% de la population animale serait ainsi morte au cours des années de sécheresse entre 1998 et 2005 suite à un déficit fourrager et à une situation généralisée de crise alimentaire pour le cheptel.

3.6.2. Etablissement de la situation de base

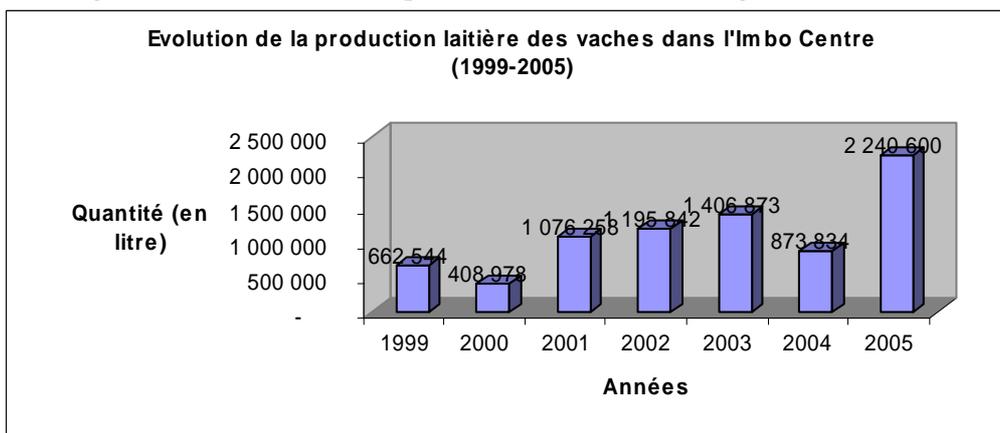
Les experts de l'élevage ont analysé l'évolution des effectifs bovins et caprins dans le Bugesera, le Kumoso et l'Imbo-Centre à la lumière de la sécheresse prolongée pour la période de 1999 à 2005. Ils ont également analysé la variabilité de la productivité du lait ainsi que celle de la production de poisson sur la même période. Les figures n° 18, n° 19 et n° 20 reprennent l'évolution respectives des effectifs dans le Bugesera, de la production laitière qui est très importante dans l'Imbo-Centre et l'évolution de la production de poissons.

Figure n° 18: Evolution des effectifs des bovins et caprins dans la région de Bugesera



O: Caprins; O: Bovins

Figure n° 19: Evolution de la production laitière dans la région d'Imbo centre



La principale constatation est que les effectifs animaux ont fortement diminué en 2000 et 2004 comme cela est synthétisé dans le tableau n° 18.

Tableau n° 18 : Réduction des effectifs bovins et caprins en 2000 et 2004

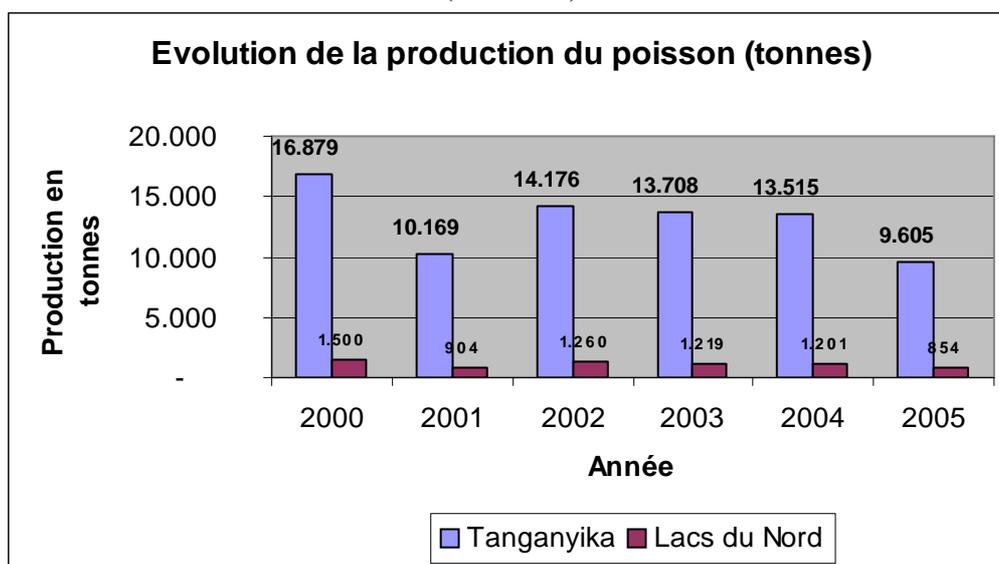
		2000	2004
BUGESERA	Bovins	20%	19%
	Caprins	30%	30%
KUMOSO	Bovins	26%	25%
	Caprins	30%	25%
IMBO-CENTRE	Bovins	28%	26%
	Caprins	30%	25%

Tableau n°19 : Réduction de la production de lait de vache par rapport à l'année précédente.

	2000	2004
BUGESERA	52%	50%
KUMOSO	62%	50%
IMBO-CENTRE	62%	61%

Les rendements de production pour tous les animaux sont bas par rapport à ceux qu'on devrait avoir dans les conditions de pluies régulières et bien réparties selon les saisons. Ainsi, la production laitière des bovins a fortement baissé suite aux perturbations climatiques.

Figure n° 20: Evolution des productions des poissons dans le lac Tanganyika et dans les lacs du Nord (2000-2005)



La production du poisson a également baissé mais une année plus tard à chaque fois (2001 et 2005). La sécheresse observée en 2000 et 2004 a affecté durement la production de poissons dont des réductions de 40% et de 29% ont été respectivement observées en 2001 et en 2005. Les changements climatiques de 2000 et 2004 ont rendu fragiles les alevins et ont ainsi conduit à une capture réduite de poissons les années suivantes.

3.6.3. Evaluation des impacts et des actions en cours

A partir des résultats des analyses faites sur l'évolution des effectifs et des rendements de production, les impacts majeurs des changements climatiques sur l'élevage sont :

- a) La sécheresse conduit à une réduction considérable du cheptel bovin, caprin, ovin et volaille, capital productif principal des éleveurs et modifie leurs revenus et les prix ainsi que les moyens de subsistance, l'emploi et l'investissement.
- b) La production de viande et de lait est également réduite de même que la production de poissons en cas de sécheresse.
- c) Les inondations et les pluies diluviennes entraînent également des pertes non négligeables du cheptel animal.

Le tableau n° 20 donne une synthèse des impacts des changements climatiques sur le secteur de l'élevage.

Tableau n°20 : Evaluation des Impacts sur le secteur Elevage.

Aléas climatiques	Groupes cibles	Impacts climatiques	Impacts sectoriels	Impacts socio-économiques
Sécheresse	Cheptel bovin, caprin, ovin, porcin, volaille, Poisson.	* Réduction des fourrages et des pâturages * Manque d'eau *Température élevée	Réduction des Effectifs, Baisse de rendement en lait et en viande	Déficit en protéines animales, Famine, Baisse des revenus.
Pluies diluviennes	Cheptel animal	Inondations	Perte de bétail	Baisse de revenus.

Pour faire face à ces incidences des changements climatiques, les agri-éleveurs ont essayé de s'adapter pour y faire face. Les actions entreprises concernent notamment :

- L'adoption de l'élevage en stabulation semi-permanente et la culture des fourrages sur les courbes de niveau dans la commune de Bugabira.
- La promotion et l'élevage d'animaux à cycle court comme les lapins, les porcins, les volailles.
- L'alimentation des animaux par des résidus des récoltes (fanés de haricots, chaumes de maïs et sorgho, cordes de patates douces, les pseudo-troncs de bananiers, paille de riz.
- L'introduction des produits agro-industriels dans l'alimentation du bétail (tourteau de coton et de palmiste, le son de riz et de maïs, la mélasse, la drêche de brasserie)
- La création de zones tampons destinées au pâturage pendant la saison sèche dans certaines vallées (Kanyaru, Malagarazi).

3.7. Les paysages

3.7.2. Analyse des données du paysage

Les zones les plus vulnérables aux changements climatiques qui sont considérées dans le secteur des paysages sont situées dans les basses terres de l'Imbo, dans les versants escarpés des MUMIRWA et dans la dépression de Bugesera. Les données utilisées dans l'analyse de la vulnérabilité des paysages sont relatives aux précipitations, aux températures et aux événements climatiques majeurs ayant survenu dans les zones cibles considérées et leurs impacts sur le paysage. La qualité du paysage constitue aujourd'hui un argument décisionnel dans le choix des aménagements, dans la protection de l'environnement et dans le développement durable. Les éléments du paysage qui sont plus sensibles à l'augmentation des précipitations, des températures et des événements climatiques sont principalement les bassins versants, les sols et les régimes des cours d'eau.

3.7.2. Développement de la situation de base

Les événements climatiques les plus importants considérés dans cette analyse sont les pluies diluviennes de courte durée et les périodes de sécheresse prolongée. Partant des événements

passés, l'étude sectorielle²⁹ a analysé leurs impacts sur le comportement des paysages dans les différentes zones considérées comme étant les plus vulnérables. Les conséquences de ces événements climatiques sur les paysages se traduisent par :

- L'amplification de l'érosion hydrique des sols ;
- Les inondations répétitives ;
- Les mouvements de terrain ;
- Les coupures régulières des routes ;
- La désertification

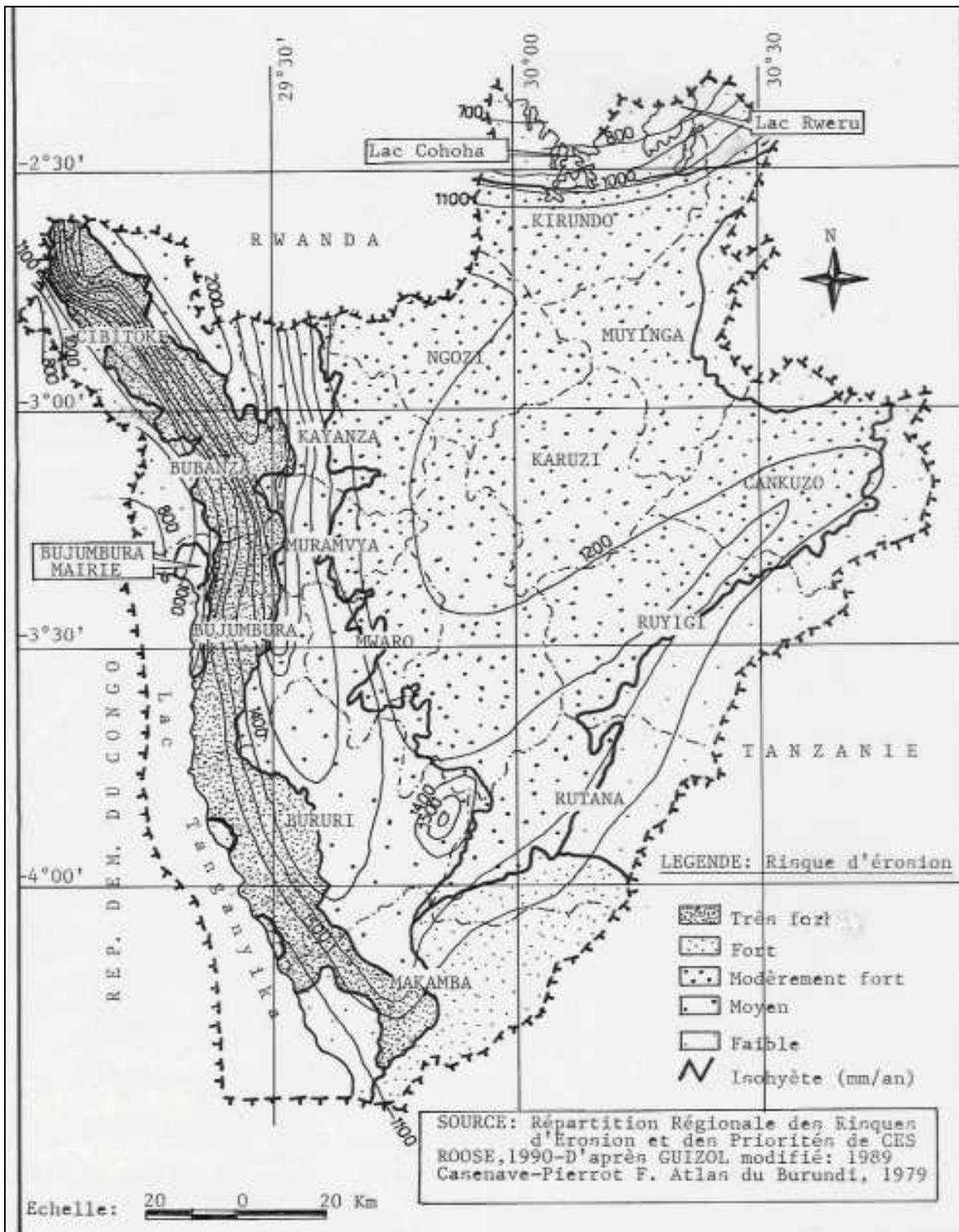
Le sol représente un espace vital pour les hommes, les animaux, les plantes et les micro-organismes. Il constitue l'élément essentiel des paysages qui est souvent détruit par l'érosion hydrique dont la principale cause réside dans le volume, l'intensité, la durée et la fréquence des précipitations.

3.7.3. L'érosion hydrique

L'érosion hydrique des sols constitue un défi environnemental, agronomique et socio-économique pour la gestion durable de l'eau et du sol. Elle est consécutive à la forte érodabilité des terres soumises à de fortes fluctuations des conditions climatiques et au relief accidenté du pays. Elle est en outre favorisée par des pratiques agricoles sans mesures suffisantes de conservation des sols et par l'exploitation du bois comme source d'énergie. L'érosion hydrique est la principale cause de dégradation des terres qui se traduit non seulement par la perte des terres cultivées mais aussi par la réduction de la qualité et de la fertilité des sols qui perdent leurs matières organiques ainsi que par la dégradation de la biodiversité des sols. Les érosions les plus remarquables sont causées par les orages intenses qui se produisent de façon anormale au début de la saison des pluies alors qu'il n'y a pas de végétation pour intercepter les précipitations ou pour stabiliser le sol. L'érosion est d'autant plus grande que la pente est importante et qu'elle est plus longue. L'érosion est accompagnée en général du charriage des matériaux solides et de la boue qui cause une grande turbidité des rivières et fleuves pendant la saison des pluies. La région de MUMIRWA est la plus affectée par l'érosion hydrique à cause de la forte pente de ses versants. Nous reprenons dans la figure n° 21 une carte des risques d'érosion associés aux précipitations.

²⁹ Prof. Stanislas NSABIMANA, Etude de la vulnérabilité et de l'adaptation aux changements climatiques, Secteur des Paysages, PNUD/MINATTE, Octobre 2008.

Figure n°21 : Précipitations et risques d'érosion au Burundi



Source : Prof. Stanislas NSABIMANA, Etude de la vulnérabilité et de l'adaptation aux changements climatiques, Secteur des Paysages, PNUD/MINATTE, Octobre 2008.

Les photos n° 8 et n° 9 traduisent l'ampleur de ces phénomènes d'érosion dans les montagnes du Burundi et leurs conséquences sur les rivières traversant la plaine de Bujumbura.

Photo. n°8 : Erosion en rigoles sur un versant très pentu dans les MUMIRWA (oct.2006)



Photo n°9 : L'éboulement des berges dans la basse vallée de la Ntakangwa (entre Mutanga - sud et Mutanga - nord) mars 2008



Les effets néfastes de l'érosion hydrique se manifestent dans les zones au pied des bassins versants à forte pente par une sédimentation importante, l'envasement des cours d'eau, l'alluvionnement des cours d'eau et par des inondations dans les basses terres de l'Imbo (Photo n° 10 ; n°11 et n° 12).

Photo n°10 : La charge des cours d'eau en particules de sols à Kanyosha (mai 2007)



Photo n°11 : Inondation de la palmeraie par la Murembwe au sud de Rumonge (mai 2007)



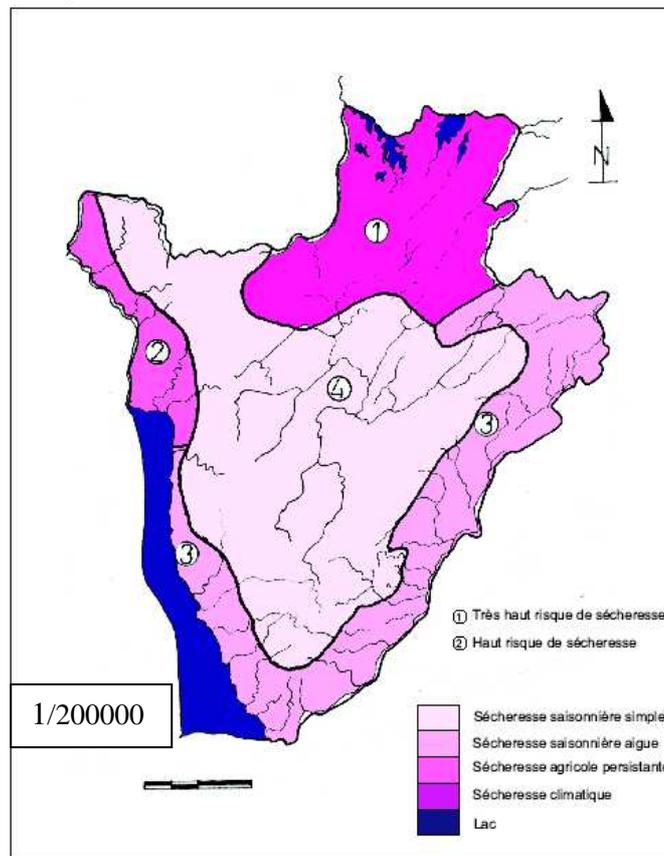
Photo.n°12. Importance de l'alluvionnement et de l'attaque des berges dans le lit de la Ntangwa (février 2008)



3.7.4. La sécheresse dans la dépression de Bugesera

L'étude sectorielle a procédé à l'analyse des impacts des sécheresses de 1917, 1923, 1931, 1933, 1943, 1958 et de 1998 à 2003. La constatation est que la durée de la sécheresse prolongée et l'irrégularité des précipitations ont eu des conséquences préjudiciables dans les communes de Bugabira, Busoni, Kirundo et Bwambarangwe (Figure n°22 et photo n° 13).

Figure n°22: La sensibilité à la sécheresse



Source : Prof. Stanislas NSABIMANA, Etude de la vulnérabilité et de l'adaptation aux changements climatiques, Secteur des Paysages, PNUD/MINATTE, Octobre 2008.

Photo. n°13 : Effets de sécheresse sur les paysages et sur les cultures en province Kirundo(2006)



La dépression de Bugesera est caractérisée par une faible pluviométrie (800 mm/an) et par une température annuelle moyenne de l'air égale à 21°C. Depuis 1999, la dépression enregistre un début tardif des précipitations et le raccourcissement de la saison des pluies entraînant la perte de récoltes, la famine et le déplacement des populations ainsi que la réduction du niveau des lacs Rweru, Cohoha, RWIHINDA et Kanzigiri qui modifie ainsi profondément l'aspect et l'utilisation des paysages..

3.7.5. La destruction des infrastructures dans les basses terres de l'Imbo

Suite aux fortes précipitations, les cours d'eau permanents connaissent une érosion du lit et des berges qui détruit fréquemment des habitations et d'autres infrastructures dans les quartiers de Bujumbura.

Photo.n°14 : L'éboulement des berges dans la vallée de la Ntawangwa entre Mutanga-sud et Mutanga-nord (février 2008)



De nombreuses infrastructures publiques et privées sont fréquemment endommagées et même emportées le long de la Nyabagere dans les quartiers de Kamenge, de Cibitoke et de Mutakura ; dans les quartiers de Gikungu et de Mutanga - Sud, de Nyakabiga, de Jabe et Buyenzi le long de Ntakangwa ; dans les quartiers de Cibitoke, de Kinanira I et de Kabondo le long de la Muha et de ses affluents ; de Musaga le long de la Mpimba, de Kanyosha et de Kibenga le long de la Kanyosha.

Photo. n°15 : Destructions des maisons riveraines par la Ntakangwa (février 2008)



Photo. n°16 : Destructions des infrastructures routières par la Ntakangwa (février 2008)



3.8. Les écosystèmes terrestres

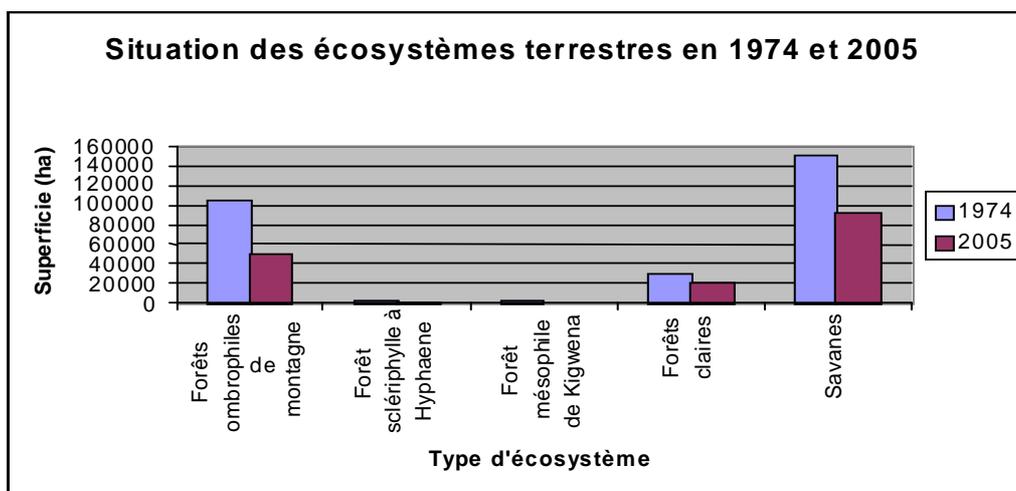
L'étude sectorielle sur les écosystèmes terrestres a porté sur :

- La forêt ombrophile de montagne à savoir le Parc National de la Kibira, la forêt Naturelle de Monge, la forêt naturelle de Bururi, la réserve naturelle de Vyanda et de Rumonge;
- Les forêts claires des escarpements entre Rumonge et Nyanza lac qui remontent jusqu'à l'extrême Nord du Kumoso – Buyogoma;
- La forêt sclériphyllée de la plaine de la Basse Rusizi dans le Delta autour de l'embouchure et dans le secteur des palmeraies au Nord de la plaine;
- La forêt mésophile périguinéenne de Kigwena;
- Les savanes et bosquets xérophiles dans les dépressions de Kumoso et du Nord de Buyogoma.

3.8.1. Développement des données.

Les experts du secteur ont analysé l'évolution de superficie des différentes formations forestières entre 1974 et 2005. Les résultats de cette analyse sont repris dans la figure n° 23:

Figure n°23 : Situation des écosystèmes naturels terrestres en 1974 et 2005



3.8.2. Etablissement de la situation de base.

Partant des informations disponibles sur les paramètres du climat dont notamment sur les sécheresses prolongées, des analyses du comportement des formations forestières et des savanes et bosquets ont été faites pour détecter les différents impacts provenant des activités de l'homme et des changements climatiques qui se sont produits à ce jour. Les résultats de ces analyses montrent clairement que les écosystèmes terrestres font face actuellement à des menaces réelles liées aux changements climatiques, à savoir :

- La disparition continue des bosquets et des savanes dans la région de Bugesera et du Kumoso conduisant à une désertification progressive suite aux sécheresses prolongées.

- La régression rapide des écosystèmes terrestres suite à la pression de l'homme pour la recherche des terres agricoles des espaces d'élevage et du bois pour divers usages entraînant une aggravation de l'aridité déjà précaire dans ces régions.
- La modification de la couverture végétale, le prolongement de la période de croissance, la perte de la biodiversité, la réduction de la production primaire des végétaux et l'accélération de la désertification comme conséquences de la longue période de sécheresse dans le Kumoso le Bugesera et l'Imbo.
- La disparition d'une superficie de près de 14.366 ha de formations forestières depuis 1974 à cause de l'activité de l'homme réduisant la taille des écosystèmes terrestres qui deviennent faibles et vulnérables vis à vis des effets néfastes des changements climatiques.
- La disparition des espèces végétales suite aux feux de brousse, à la carbonisation du charbon.

3.8.3. Evaluation des impacts et actions en cours.

Parmi les impacts possibles des changements climatiques sur les écosystèmes terrestres, on peut citer entre autres :

- La réduction ou disparition des espèces plus sensibles ou peu mobiles car elles n'ont pas eu le temps de se reproduire et de migrer avant que les conditions ne cessent d'être favorables ;
- Le changement d'aire de répartition des espèces animales car fuyant les conditions devenues défavorables dans leur habitat ;
- L'augmentation de la compétition entre les espèces végétales suite au temps devenu favorable pour le développement des microorganismes provoquant ainsi des maladies qui détruisent progressivement les végétaux;
- La perturbation du cycle phénologie
- La multiplication de termitières en cas de sécheresse dans la savane de Kumoso et dans les bosquets de Bugesera au détriment d'une végétation originale;
- L'évolution des écosystèmes de savane (savane de l'Est, pelouse de la plaine et de Bugesera) en des écosystèmes plus boisés ou arborés en cas de précipitations abondantes ;
- La vulnérabilité des écosystèmes terrestres créant les conditions favorables à l'agression humaine telle le feu de brousse, une des rares prédictions certaines en cas de sécheresse ;
- L'asphyxie de la strate herbacée pour le cas des savanes, pelouse et steppe lors des inondations dans la plaine de la Rusizi et dans les dépressions de Kumoso.

Pour le cas du Burundi, les impacts des changements climatiques sont plus observés dans les dépressions de Bugesera où le écosystèmes sont marquées par une xérophilie et dans la dépression Kumoso où la savane est continuellement en dégradation avec l'installation des sols nus.

Parmi les actions déjà mises en œuvre pour protéger les écosystèmes, il y a :

- La mise place de l'Institut National pour l'Environnement et la conservation de la Nature pour assurer la gestion des écosystèmes terrestres qui bénéficient d'une protection stricte sous forme de parcs, protégés (4,5% de la superficie nationale);

- La mise en défens des écosystèmes terrestres pour maintenir plusieurs types de formations végétales dans les zones écologiques du Burundi;
- Les actions de reforestation entreprises au niveau national;
- Des actions de lutte contre les feux de brousse pour arrêter l'évolution régressive des écosystèmes terrestres;
- La mise de place des arboretums pour la protection des essences autochtones en voie de disparition et de création de nouveaux écosystèmes notamment à Kajaga et à Butaganzwa.

3.9. Les écosystèmes humiques

L'analyse de la situation de base du secteur des écosystèmes humides a porté sur (i) le lac Tanganyika, (ii) le delta de la Ruzizi, (iii) les marécages de l'Akanyaru et de l'Akagera et (iv) le marécage de la Malagarazi. Pour chaque sous-secteur concerné, les études sectorielles ont collecté toutes les données disponibles sur le comportement de la faune, de la flore, des espèces animales et végétaux, des poissons et des autres organismes aquatiques en fonction de l'évolution des précipitations et des températures.

3.9.1. Le Lac Tanganyika.

Pour le Lac Tanganyika, l'étude a principalement porté sur le comportement des écosystèmes dans la zone pélagique, c'est-à-dire la masse d'eau qui va de la surface de l'eau à la limite des eaux oxygénées en profondeur et dans la zone littorale en contact avec la plaine au Nord du Lac Tanganyika. Le Lac Tanganyika contient 1500 espèces animales et 337 espèces ichtyologiques (de poissons). La productivité du Lac en poissons est estimée entre 70 à 80 Kg par hectare et par an soit une production annuelle totale entre 200.000 et 240.000 tonnes de poissons par an dont 15.000 à 20.000 tonnes reviennent au Burundi.

Les conditions écologiques de la zone pélagique qui déterminent la vie des organismes aquatiques sont notamment les substances nutritives et l'oxygène dissous dans l'eau. La disponibilité et la distribution de ces deux éléments dépendent de la température et du brassage des eaux dans la zone d'une profondeur de 100 mètres.

L'analyse des données de température du Lac entre 1964 et 1994 indique une élévation de la température moyenne du Lac de 0,7°C à Bujumbura. La vitesse du vent aurait varié entre 1,4 et 2,5 m/s entre 1964 et 1979 et 0,5 à 1,5 m/s entre 1986 et 1990 pour des vents ayant une moyenne journalière pouvant aller à 7 m/s. Les eaux de surface qui ont une température moyenne autour de 26°C accusent une augmentation de température de 0,34°C en 37 ans. Cela amène aussi un relèvement de la température en profondeur qui modifie la distribution des nutriments et réduit l'épaisseur de la couche oxygénée qui était de 60 mètres en 1993/1994. Pour la zone littorale, l'étude s'est basée sur les données de fluctuations annuelles du niveau du lac entre 1929 et 1996.

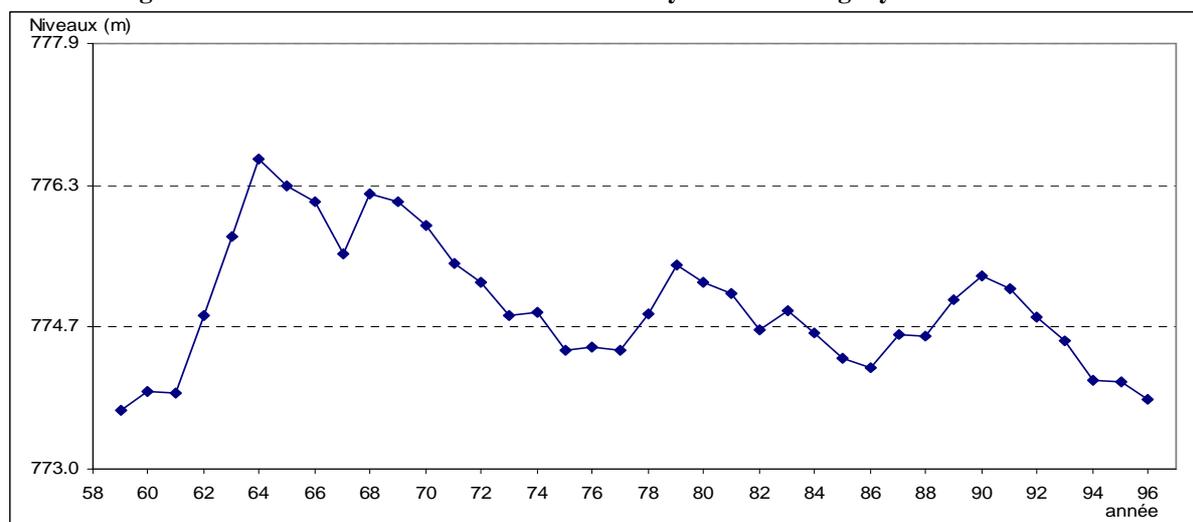
Les données historiques sur les fluctuations annuelles et interannuelles du niveau du lac Tanganyika existent depuis 1929. Il apparaît que, pour la période de 1961 à 1990, le niveau moyen du lac a été de 775.09 m d'altitude.

Figure n° 24 : Fluctuations du niveau annuel moyen du lac Tanganyika de 1929 à 1996



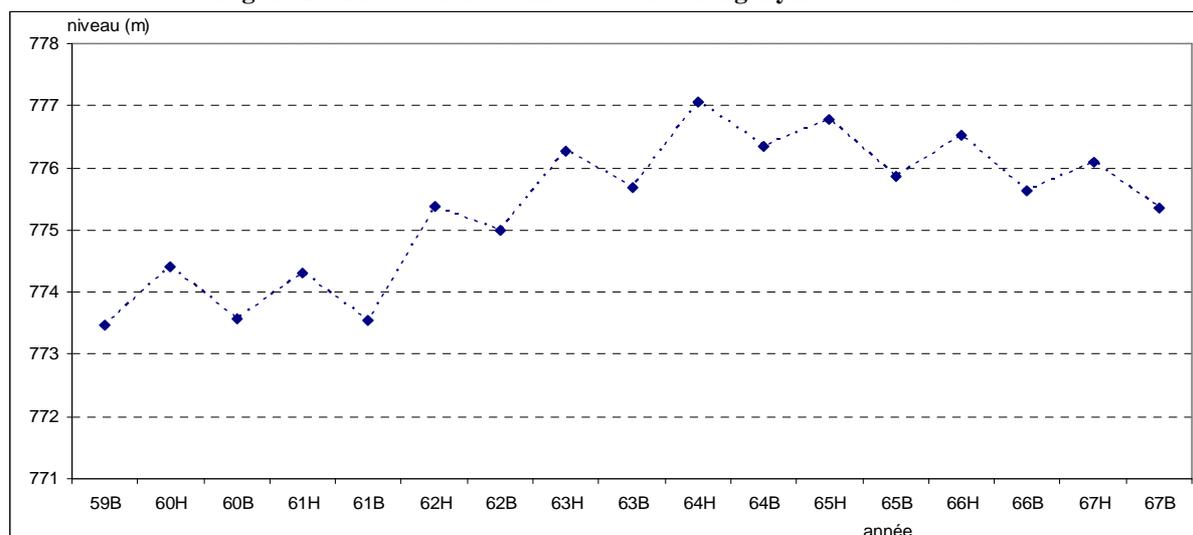
Source : Gaspard NTAKIMAZI, Etude de la vulnérabilité et de l'adaptation aux changements climatiques dans le secteur des écosystèmes humides, Rapport Définitif, PNUD/MINATTE, Octobre 2008.

Figure n° 25 : Fluctuations du niveau annuel moyen du lac Tanganyika de 1959 à 1996



Source : Gaspard NTAKIMAZI, Etude de la vulnérabilité et de l'adaptation aux changements climatiques dans le secteur des écosystèmes humides, Rapport Définitif, PNUD/MINATTE, Octobre 2008.

Figure 26: Fluctuations du niveau du lac Tanganyika de 1959 à 1967



Source : Gaspard NTAKIMAZI, Etude de la vulnérabilité et de l'adaptation aux changements climatiques dans le secteur des écosystèmes humides, Rapport Définitif, PNUD/MINATTE, Octobre 2008.

Le lac a enregistré des hausses de niveaux entre 1961 et 1964 qui étaient dues à des précipitations importantes supérieures à la normale, portant le niveau du lac à 777,06 mètres d'altitude soit 2 mètres au dessus du niveau moyen. Au cours des années suivantes, le niveau moyen du lac a baissé de plus de deux mètres suite à de longues périodes sèches dans la sous-région.

3.9.2. *Le Delta de la Ruzizi*

Partant de la configuration du delta de la Ruzizi, l'étude a analysée le comportement de la faune de ce delta en fonction des précipitations et de l'élévation et de la baisse du niveau du lac Tanganyika. Le relèvement du niveau à 780 mètres amène 80% des écosystèmes du delta sous eau. Les fluctuations du niveau autour du delta se traduisent par un retrait des eaux pendant la saison sèche sur une bande de plusieurs centaines de mètres parfois jusqu'à l'assèchement quasi complet des étangs et par des inondations en saison des pluies. Ces fluctuations ont un impact négatif sur la faune dont particulièrement sur la cinquantaine d'hypopotames qui peuplent le delta.

3.9.3. *Les marécages de l'Akanyaru et de l'Akagera.*

Pour les marécages de l'Akanyaru et de l'Akagera, l'analyse a porté sur les données de précipitations enregistrées par l'IGEBU à Kirundo entre 1974 et 2005 car il n'existe pas de station limnimétrique ni sur l'Akanyaru ni sur l'Akagera. En faisant des analogies avec le comportement hydrologique du bassin de la Nyabarongo au Rwanda et de la Ruvubu, l'étude sectorielle a observé des fluctuations importantes de niveau d'eau dans les rivières Akanyaru et Akagera qui se répercutent sur le niveau des lacs Cohoha et Rweru qui connaissent ainsi des problèmes de niveau d'eau pendant la saison sèche.

A titre d'illustration, la succession de 2 ou 3 années de déficit hydrique a pour conséquence une baisse sensible du niveau d'eau dans le lac qui n'est plus alimenté à travers le marécage de l'Akanyaru. La montée des eaux dans les lacs entraîne des conditions favorables pour la reproduction et la croissance de beaucoup d'espèces de poissons.

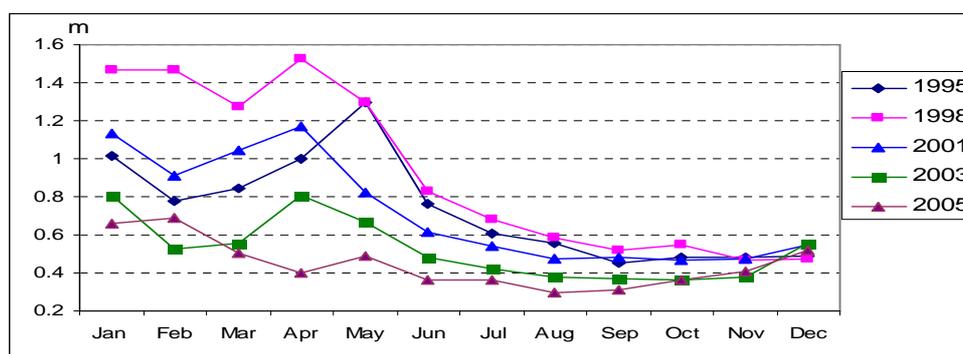
Il en est de même des espèces d'oiseaux qui bénéficient de meilleures conditions nutritives après les inondations des marécages comme c'est le cas du Lac RWIHINDA (Lac aux oiseaux) qui hébergent plus de 60 espèces ornithologiques composés de migrateurs et de sédentaires, dont le cormoran africain, l'oie de Gambie, le Pélican, la spatule blanche, etc...

3.9.4. *Le marécage de la Malagarazi.*

L'étude sectorielle a exploité les données de la station de Musasa sur les précipitations de 1985 à 2005 et les niveaux de la rivière Musasa de 1995 à 2005. L'analyse de ces données montre que la rivière Musasa atteint son niveau le plus bas vers le mois de novembre et que les fluctuations du niveau de cet affluent secondaire de la Muyovozi expliqueraient les inondations annuelles enregistrées au marécage de la Malagarazi.

La figure n° 27 illustre les variations du niveau de la rivière Musasa entre 1995 et 2005.

Figure n° 27 : Variations du niveau de la rivière Musasa (données IGEBU)



3.10. Le secteur de la santé

3.10.1. Données générales sur le secteur

Les cinq premières causes de mortalité sont le paludisme, les maladies diarrhéiques, les infections respiratoires aiguës (IRA), la malnutrition et le SIDA. Bien que les maladies liées au manque d'hygiène et de salubrité de l'environnement occupent près de 80% de toutes les pathologies, le paludisme est le premier problème de santé publique de par sa mortalité et sa morbidité parmi les enfants de moins de 5 ans et les femmes enceintes. Selon les données d'EPIDSTAT³⁰ datant de 2003, le paludisme occuperait 40% parmi les maladies les plus importantes, les infections respiratoires 19 %, le parasitisme intestinal 9%, les maladies à protozoaires intestinaux 5% et les maladies diarrhéiques 3%.

Depuis 1991, l'évolution du paludisme a été toujours progressive passant de 800.000 cas en 1993 à 3 millions en 2000 soit 50% de la population. Près de 40% des consultations externes dans les centres de santé concernent le paludisme. 40% des malades sont des enfants de moins de 5 ans³¹. Chez les enfants, l'anémie est associée au paludisme dans 77% des cas³². Chez les enfants de moins de 5 ans, 48% de décès sont liés à cette maladie³³. Avant les années 1990, elle frappait habituellement les régions de basse altitude. Mais de 1990 à 2003, le pays a connu au moins cinq épidémies bien documentées dans la région des hauts plateaux :

- En 1991, la commune Muhanga, dans la province de Kayanza ;
- En 1997, les communes de Ntega et Bugabira en Province Kirundo,
- De novembre 2000 à avril 2001, sept (7) provinces localisées dans les hauts plateaux à savoir Gitega, Karusi, Kayanza, Muramvya, Muyinga, Mwaro et Ngozi. Au cours du mois de novembre 2000, un taux d'incidence de 109,5% a été enregistré. L'épidémie a perduré jusqu'en avril 2001. Le taux annuel d'incidence a été de 423% pour 2001 ;
- Fin 2002, certaines communes des provinces de Gitega, Ngozi et Kayanza ;
- En 2003, environs 2 millions de cas notifiés.

³⁰ Cours d'été organisés par l'Ecole de Santé Publique de l'Université Libre de Bruxelles, Belgique, sur l'Epidémiologie et les statistiques.

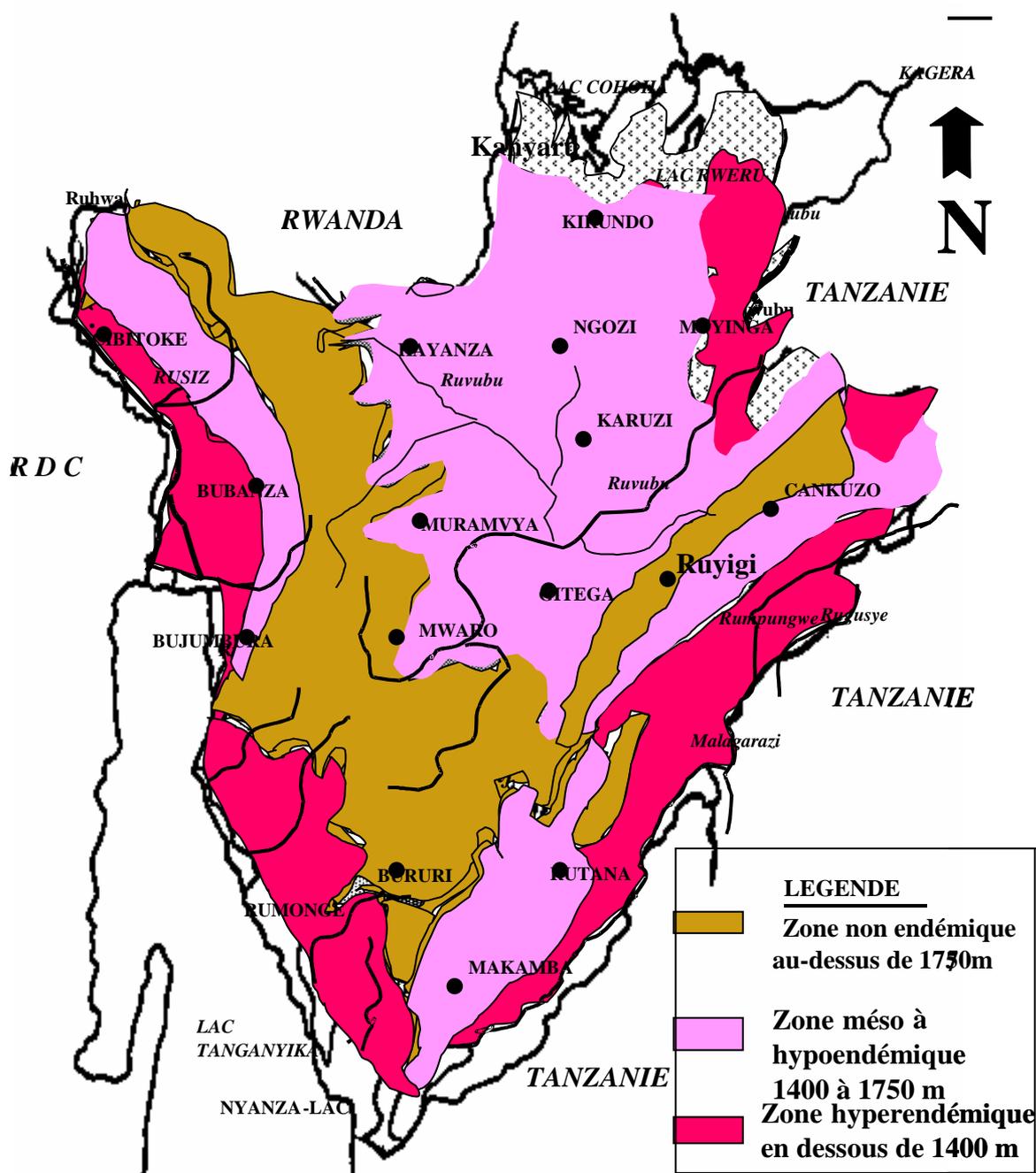
³¹ Dr. NDINDURWAHA T, Evolution et cartographie des principales endémo épidémies, Formation des TPS, Centre Suédois, avril 2007.

³² Projet LMTC, Section Nutrition, Enquête nationale sur l'anémie, MSPLS, 2003

³³ Dr. NDINDURWAHA T, op.cit

L'illustration schématique de la figure n° 28 indique les zones endémiques de la maladie au niveau national, soit principalement les provinces de Gitega, Karusi, Kayanza, Muramvya et Ngozi. Même au niveau d'une province, des disparités existent entre les communes, les unes étant plus frappées que les autres.

Figure n° 28 : Strates de Paludisme dans les zones endémiques (Source : Projet LMTC)



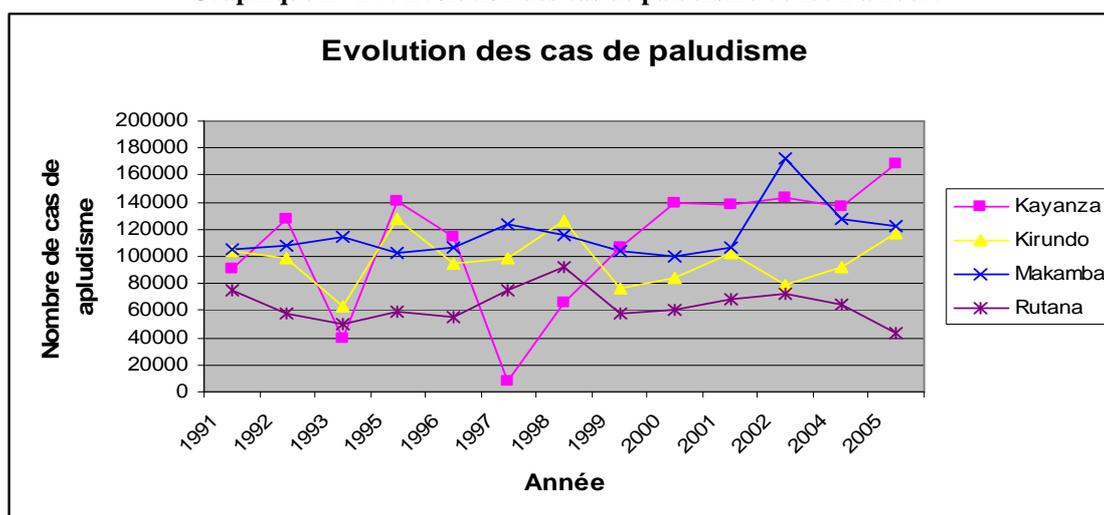
Source : Venant KAVUYIMBO, Etude de vulnérabilité et d'adaptation aux changements climatiques dans le secteur de la santé, Rapport Définitif, PNUD/MINATTE, Octobre 2008.

Tableau n° 21 : Paludisme dans les centres de santé des provinces ciblées pour l'étude de 1991 a 2005

Année	Kayanza	Kirundo	Makamba	Rutana
1991	91398	103774	104778	74919
1992	127436	98558	107398	57672
1993	38934	63485	115029	49535
1995	140381	127722	102995	58950
1996	114899	94707	107114	55481
1997	8157	98210	123609	75248
1998	65395	126229	116325	91511
1999	106087	76574	104130	58524
2000	139676	84806	99590	60226
2001	137869	102661	106687	69051
2002	142794	78637	172602	71721
2004	136866	91653	128287	63934
2005	168994	117444	122200	42812

Source: EPISTAT

Graphique n° 14 : Evolution des cas de paludisme de 1991 à 2005.



3.10.2. Vulnérabilité passée et actuelle

Pour analyser la corrélation entre le changement climatique et le secteur de la santé, les consultants ont analysé les pathologies nationales liées au CC notamment le choléra et la dysenterie bacillaire mais aussi les infections respiratoires aiguës. Ces consultants ont trouvé que pour ces maladies d'autres facteurs confondants tels que les comportements hygiéniques, la disponibilité de l'eau potable et la présence de latrines pour les deux premières maladies l'état de l'habitation, les conditions d'habillement et l'immunité surtout des enfants pour la dernière pathologie pèsent beaucoup plus sur la balance que le facteur CC dans leur apparition. Ils ont alors porté leur choix uniquement sur le paludisme, maladie due à un vecteur dont l'apparition est imputable à l'état de l'environnement et au changement climatique. Ces deux facteurs agissent en synergie pour la survie de ce vecteur. Cette survie est préjudiciable à la santé de la population et aux groupes vulnérables que sont les femmes enceintes, les enfants de moins de 5 ans, les personnes âgées et celles immunodéprimées.

Le choix a été aléatoire et a porté sur les provinces de Kayanza, Kirundo, Makamba et Rutana. Ces provinces feront l'objet de recherche pour étudier les tendances de la maladie au regard de la pluviométrie et de la température. Les données du graphique n° 14 montrent que les provinces de Kirundo et Kayanza situées dans la zone méso et hypoendémique ont enregistré plus de cas que celles de Rutana située dans la zone des dépressions considérées jadis comme hyperendémiques.

Le changement climatique et l'adaptation du vecteur y joueraient un rôle très prépondérant. Les années 1997-1998 et 2000-2001 sont très caractéristiques avec des pics car elles correspondent à des périodes El Nino au Burundi et partout ailleurs en Afrique.

3.10.3. Facteurs de vulnérabilité

L'extension du paludisme serait due au réchauffement climatique survenu durant le 20^{ème} siècle dont l'élévation moyenne de la température serait de l'ordre de 0,6°C. La pathologie a été accentuée par l'explosion démographique. En plus, l'irruption d'une pluviométrie abondante après une longue période de sécheresse a favorisé la pullulation de moustiques ; ce qui a occasionné des épidémies surtout dans la province de Kirundo en 1997-1998.

En outre, la modification de l'environnement liée notamment à l'aménagement de l'espace au profit de la riziculture, de la pisciculture et l'amélioration de l'habitat (fabrication de tuiles et briques), les mouvements de populations consécutives à la guerre sociopolitique et l'insuffisance d'assainissement du milieu sont également des facteurs qui sont à l'origine des flambées actuelles.

Les groupes de population les plus atteints sont les enfants de moins de 5 ans, les femmes enceintes démunies, les personnes âgées et les populations non immunes des hauts plateaux. Ces dernières sont estimées à plus de 50% de la population burundaise.

CHAPITRE 4. EVOLUTION DES TENDANCES EN ABSENCE ET EN PRESENCE DES CHANGEMENTS CLIMATIQUES

4.1. Introduction

L'objectif de ce chapitre est de réaliser une projection des différents indicateurs des secteurs concernés par l'étude afin de dégager les tendances de la vulnérabilité du Burundi face aux variations climatiques à long terme de permettre ainsi de mettre en place les stratégies appropriées d'adaptation aux effets néfastes dus aux changements climatiques.

4.2. Projection des paramètres climatiques sans et avec changements climatiques

En partant de la situation de base des précipitations et de la thermométrie, on a supposé que leur évolution serait uniquement régie par les lois naturelles sans influence de l'action anthropique. Dans ce cas, les projections de la pluviométrie et de la thermométrie seraient produites à l'aide des lois statistiques qui ont été établies dans l'analyse de la situation de base.

Les projections des paramètres climatiques à l'horizon 2050 utilisées par tous les groupes sectoriels ont été élaborées par les experts de l'IGEBU en recourant à des méthodes graphiques basées sur les courbes d'adéquation des équations de régression polynomiale de 5^{ème} ordre générées dans le logiciel EXCEL. Elles ont été réalisées en absence de changements climatiques (situation de base) et en présence des changements climatiques. Dans le cas des changements climatiques, la projection des tendances d'évolution des précipitations et des températures a été réalisée avec le modèle MAGICC/SCENGEN de génération de scénarios climatiques.

4.2.1. La pluviométrie

La loi d'évolution de la pluviométrie a été mise en évidence par l'analyse climatologique des séries pluviométrique annuelles couvrant la période allant de 1974 à 2006. Etant donné que l'évolution de la pluviométrie accuse un caractère cyclique, il s'est avéré que les équations de régression polynomiale de cinquième degré s'accommodent mieux à l'évolution temporelle de la pluviométrie. Ainsi pour produire les projections de la pluviométrie à l'horizon 2050, l'on a adopté les méthodes graphiques basées sur les courbes d'adéquation des équations de régression polynomiale de cinquième degré en utilisant le logiciel Excel.

Le scénario politique choisi est « **P50** »; qui correspond à une médiane des scénarios proposés dans le rapport spécial du Groupe Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat (GIEC). Ce scénario est caractérisé par un profil de concentration du CO₂ à l'horizon 2150 choisi, codé sous l'appellation « **WRE 350** »; ce profil correspond à une stabilisation du CO₂ à 350 ppm à l'horizon 2150. Selon les recommandations du GIEC, ce couplage offre de meilleures perspectives de projections climatiques pour les pays très peu émetteurs des gaz à effet de serre comme le Burundi.

La résolution du modèle (5° de longitude×5° de latitude), la petite superficie du Burundi et l'insuffisance des caractéristiques des modèles proposés par l'auteur de la dernière version du

MAGICC/SCENGEN ont été à la base du choix de la combinaison de tous les scénarios de génération de changements régionaux des paramètres climatiques.

La génération du climat futur par représentation spatiale a été obtenue grâce au logiciel SCENGEN qui exploite les résultats d'expériences de Modèles de la Circulation Globale par MAGICC.

Selon la première communication nationale sur les changements climatiques³⁴, les précipitations moyennes annuelles gardent un caractère cyclique quasi-décennal sans tendance significative dans la situation de base. Avec les changements climatiques, il y aurait une hausse des précipitations moyennes annuelles variant entre 3% et 10% avec une alternance des périodes plus pluvieuses et des périodes plus sèches.

La formule de restitution utilisée est de la forme suivante :

$$RR_{\text{change}} = RR_{\text{no change}} + RR_{\text{no change}} \times \beta$$

Où

RR_{change} = pluviométrie projetée avec changements climatiques

$RR_{\text{no change}}$ = pluviométrie projetée sans changements climatiques

β = facteur de conversion exprimé en pourcentage

Nous avons repris dans le tableau n° 22 l'évolution des moyennes de précipitations annuelles sans et avec changements climatiques pour la période 2010 à 2050.

Tableau n° 22. Projection de la pluviométrie (mm) sans et avec changements climatiques à l'an 2050

	SANS CC				AVEC CC			
	Bujumbura Sans CC	Musasa sans CC	Gisozi sans CC	Kirundo sans CC	Bujumbura avec CC	Musasa avec CC	Gisozi avec CC	Kirundo avec CC
2010	747,1	1156,9	1521,4	1131,3	739,7	1145,4	1506,3	1120,1
2020	786,5	1151,2	1504,5	1167,4	774,9	1134,2	1482,3	1150,1
2030	858,7	1178,7	1466,3	972,0	839,4	1152,2	1433,3	950,1
2040	824,6	1063,4	1568,9	1174,6	799,1	1030,4	1520,3	1138,1
2050	809,9	1223,4	1609,7	1174,6	778,0	1175,2	1546,3	1166,1
DT 2010-2050	8,4%	5,7%	12,4%	3,8%	5,2%	2,6%	2,7%	4,1%

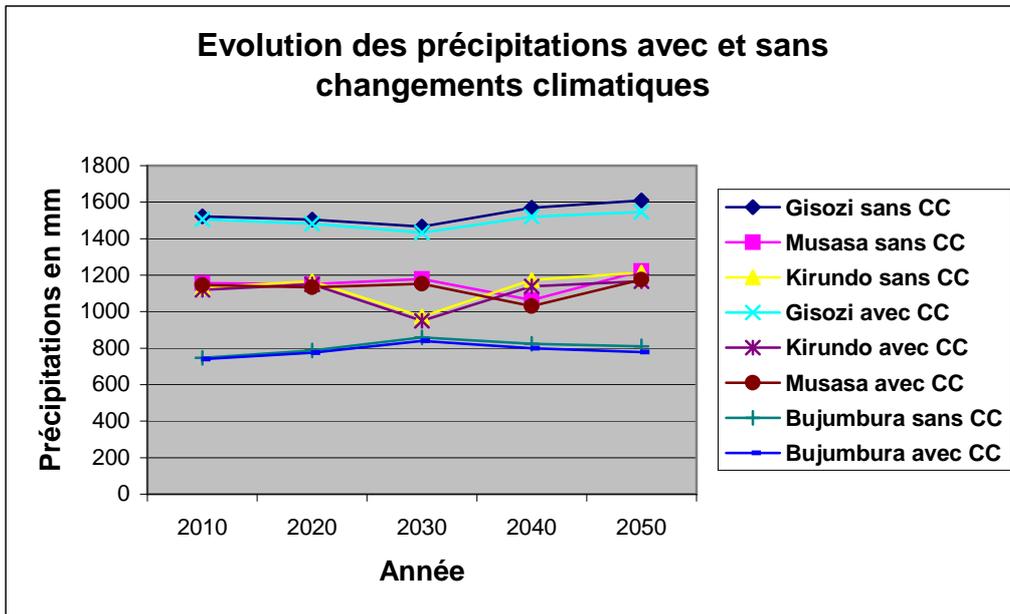
Source : SHIRAMANGA Maurice et BARAKIZA Ruben, Situation de base et projections climatiques, PNUD/MINATTE, Rapport définitif, Novembre 2008

A l'horizon 2050, l'accroissement des précipitations par rapport à 2010 va varier entre 3,8% et 12,4% en absence des CC et entre 2,6% et 5,2% en présence des CC. Les variations en présence des changements climatiques sont plus petites en comparaison avec le cas sans changements climatiques. La conséquence des changements climatiques sera une réduction

³⁴ MINATTE/Burundi, Première Communication Nationale sur les changements climatiques, Août 2001

globale de la quantité des précipitations même si les intensités des précipitations pourraient être très grande à certains endroits.

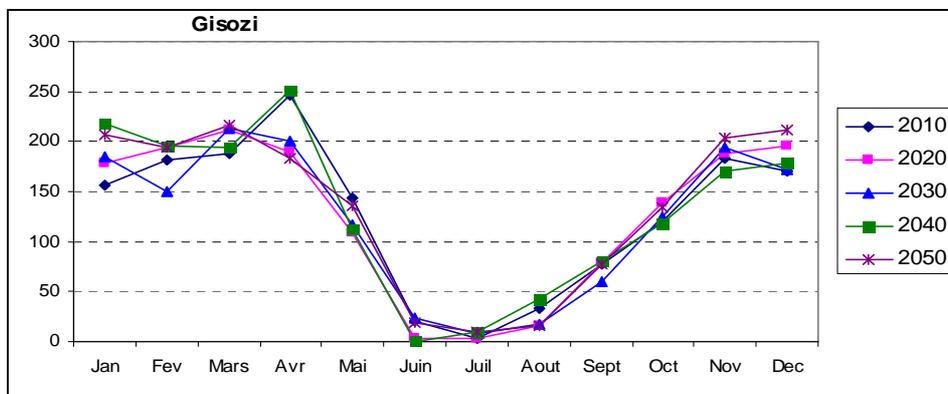
Figure n° 29 : Projections de précipitations annuelles d'ici 2050

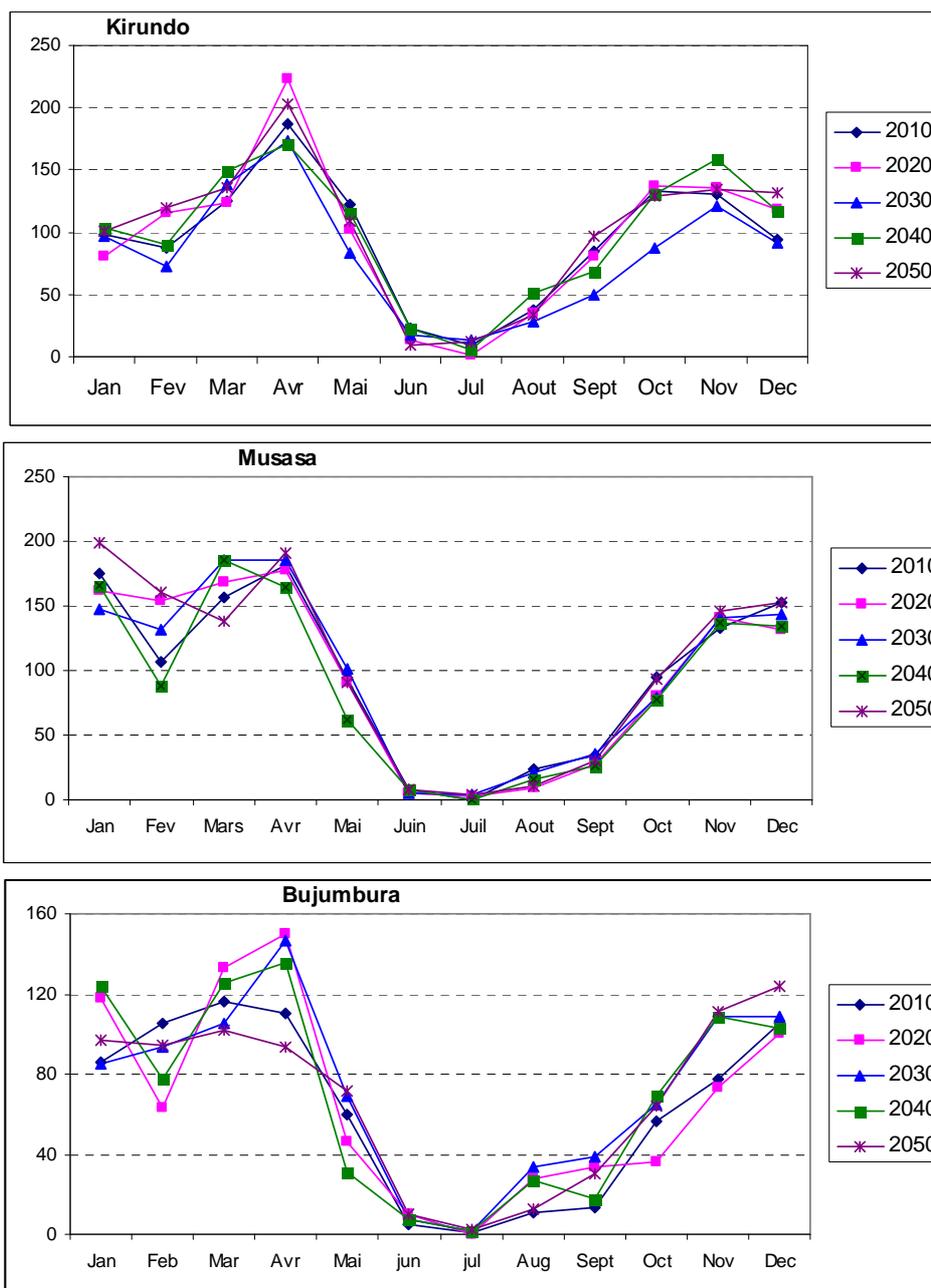


Les projections obtenus avec les modèles MAGICC / SCHENGEN avec et sans changements climatiques pour la période 2010 à 2050, n'indiquent pas de tendances nettes ni à l'augmentation ni à la diminution si on considère les totaux annuels, mais plutôt que les fluctuations interannuelles telles qu'on les observe aujourd'hui devraient continuer et même s'amplifier.

Si on considère les projections à propos des précipitations mensuelles, il apparaît que la variabilité sera très marquée autant pour les périodes d'octobre à novembre et de février à avril dans la région de Bujumbura et du Nord du pays (Kirundo), alors qu'elle touchera seulement la région de haute altitude (Gisozi) et de Musasa.

Figure 30(a, b, c, d): Projections de précipitations mensuelles d'ici 2050 à Gisozi, Kirundo, Musasa et Bujumbura





4.2.2. La température

Dans la 1^{ère} Communication Nationale, les experts de l'IGEBU avaient montré que la température moyenne annuelle augmente de 0,2°C tous les 10 ans dans les basses terres et de 0,3°C sur les hautes terres. Les changements climatiques induiraient une hausse constante d'environ 0,4°C tous les 10 ans avec un réchauffement plus important pendant la grande saison sèche (mai à octobre).

La formule de restitution utilisée est de la forme suivante :

$$TT_{\text{change}} = TT_{\text{no change}} + \Psi$$

Où

TT_{change} = température projetée avec changements climatiques.

$TT_{\text{no change}}$ = température sans changements climatiques induit par l'action anthropique.

γ = facteur de conversion exprimé en degrés Celsius

Etant donné que les facteurs de conversion pour les scénarios haut, moyen et bas sont presque similaires, il a été considéré uniquement le cas du scénario moyen. Suivant les résultats obtenus avec ces projections, les variations des températures entre 2010 et 2050 augmentent dans tous les cas avec ou sans changements climatiques avec un accroissement très marqué pour la station de Gisozi.

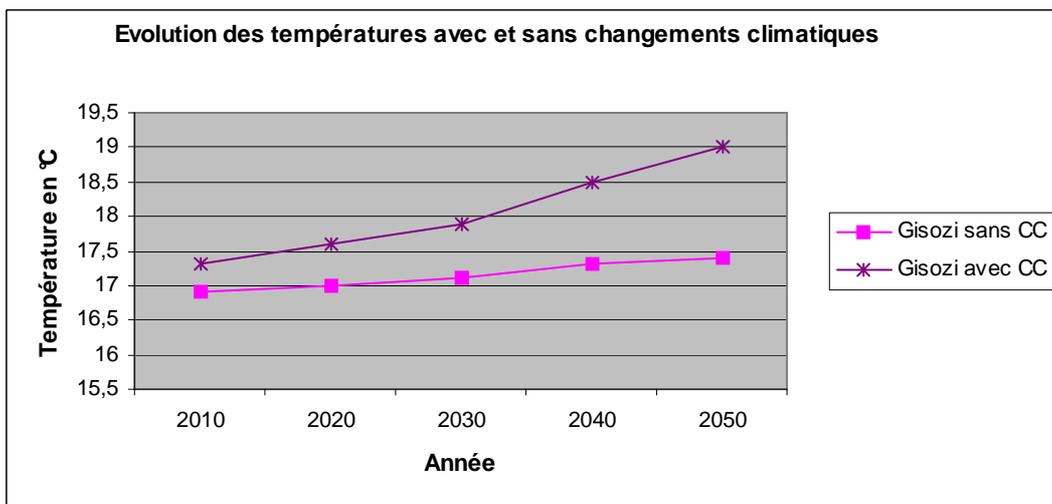
L'augmentation de la température moyenne annuelle de 2010 à 2050 pour toutes les options (sans ou avec changements climatiques) varierait entre 0°C et 2 °C en absence des changements climatiques et entre 1,2 °C et 3,2°C en présence des changements climatiques. L'accroissement le plus important serait enregistré à Kirundo avec une augmentation de 0,8°C tous les 10 ans comme on peut le voir dans le tableau n° 23 et dans la figure n° 32.

Tableau n° 23 : Evolution des températures en absence et en présence des changements climatiques

	SANS CC				AVEC CC			
	Bujumbura Sans CC	Musasa sans CC	Gisozi sans CC	Kirundo sans CC	Bujumbura avec CC	Musasa avec CC	Gisozi avec CC	Kirundo avec CC
2010	23,1	20,6	16,9	22,1	23,5	20,9	17,3	22,5
2020	23,1	20,8	17	22,6	23,7	21,3	17,6	23,2
2030	23,1	21,1	17,1	23,1	23,9	21,8	17,9	23,9
2040	23,1	21,3	17,3	23,6	24,3	22,2	18,5	24,8
2050	23,1	21,6	17,4	24,1	24,7	22,6	19	25,7
DT 2010-2050	0	1,0	0,5	2,0	1,2	1,7	1,7	3,2

Source : SHIRAMANGA Maurice et BARAKIZA Ruben, Situation de base et projections climatiques, PNUD/MINATTE, Rapport définitif, Novembre 2008

Figure n° 31 : Evolution des températures moyennes à Gisozi



4.2.3. Conclusions sur la vulnérabilité des paramètres climatiques

Les précipitations moyennes annuelles et les températures moyennes annuelles vont connaître une augmentation dans l'ensemble avec les maxima repris dans le tableau n° 24 pour les stations considérées.

Tableau n° 24 : Variations maximales des précipitations et des températures avec et sans changements climatiques à l'horizon 2050

	Précipitations	Température
Bujumbura	8,4%	1,2 °C
Musasa	5,7%	1,4°C
Gisozi	12,4%	1,7°C
Kirundo	4,1%	3,2°C

Source : SHIRAMANGA Maurice et BARAKIZA Ruben, Situation de base et projections climatiques, PNUD/MINATTE, Rapport définitif, Novembre 2008

L'étude sur le comportement des paramètres climatiques a permis de tirer les conclusions suivantes sur les paramètres climatiques en présence des changements climatiques.

❖ Pluviométrie

- ✓ L'évolution pluviométrique interannuelle est caractérisée par une tendance pluviométrique fortement en baisse pour les stations de Bujumbura et de Musasa, et une tendance légèrement en baisse pour les stations de Gisozi et de Kirundo.
- ✓ Une périodicité de plus ou moins 10 ans s'observe dans les séries pluviométriques de la majorité des stations du pays considérées.
- ✓ Au cours des dix dernières années le nombre des écarts négatifs par rapport à la moyenne interannuelle de la pluviométrie est plus important que celui des écarts positifs. L'étude de l'évolution du nombre de jours de pluie au Burundi a révélé que le nombre de jours de pluie tend à diminuer à travers tout le pays.
- ✓ L'analyse des données a également montré que la saison sèche tend à s'allonger, ce qui se traduit par une reprise tardive des pluies effectives (deuxième quinzaine du mois d'octobre) pour la saison SONDJ (Saison cultural A).
- ✓ Pour la saison FMAM (saison culturale B), la cessation précoce des pluies a tendance à prédominer, ce qui explique l'évolution pluviométrique fortement en baisse pour la saison FMAM à travers tout le pays.
- ✓ Globalement les projections climatiques affichent un accroissement de la pluviométrie à partir de 2010 jusqu'à 2030 , une diminution jusqu'en 2040 et puis une reprise d'augmentation jusqu'en 2050 ; néanmoins pendant toute cette dernière période la pluviométrie reste plus importante que celle projetée en 2010.
- ✓ L'écart de la pluviométrie de la situation qui tient compte des changements climatiques par rapport à celle générée par la situation de base est beaucoup plus fort dans la région de Mugamba (50 mm) que dans d'autres régions(5 à 25mm).

❖ Thermométrie

- ✓ Globalement la température maximale moyenne annuelle et la température minimale annuelle augmentent d'une façon soutenue. C'est à partir des années 1990, que la tendance devient positive et la vitesse d'augmentation s'accélère sur presque tous les sites d'observation.
- ✓ En plus du caractère variable de la température (maximale et minimale) le long de toute la période considérée, l'on constate un saut dans l'amplitude de variation des moyennes annuelles à partir des années 1990.
- ✓ Selon les projections climatiques, il est projeté un accroissement de température moyenne annuelle allant de 0°C à 2°C en absence des changements climatiques et de 1,2 à 3,2°C en présence des changements climatiques sur la période de 2010 à 2050.

4.3. Tendances du secteur des ressources en eau

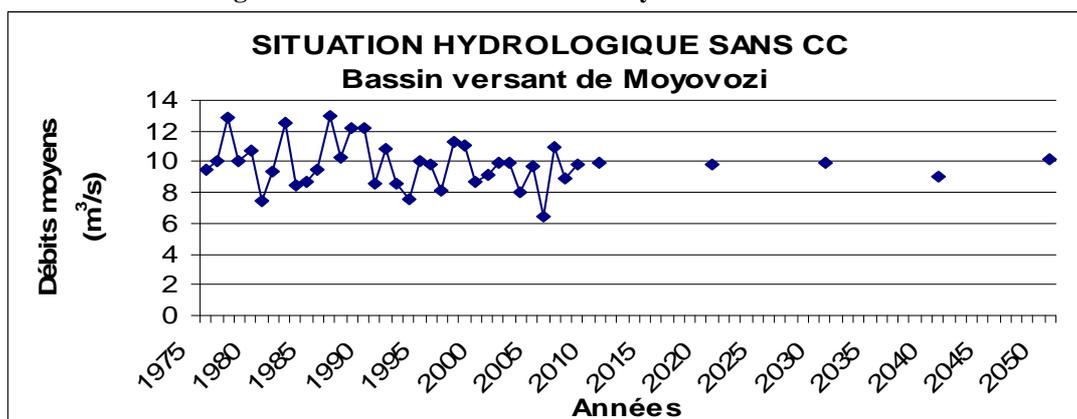
4.3.1. Présentation de la situation hydrologique sans CC.

L'équipe chargée d'étudier la climatologie a procédé à la projection des séries pluviométriques pour la période de référence aux horizons temporels jusqu'à l'an 2050 qu'elle a disponibilisée pour les autres équipes sectorielles. Disposant de ces séries pluviométriques projetées et en se servant des relations pluie-débit obtenues en situation de base, les experts du secteur des ressources en eau ont pu effectuer les projections de l'évolution des débits annuels moyens pour les 2 bassins versant de la Muyovozi et de Ndurumu. Les données des débits moyens annuels sans changements climatiques sont consignées dans le tableau n° 25 et les figures 32 et 33.

Tableau n° 25 Débits moyens annuels (m³/s) hauteur de pluie (mm)

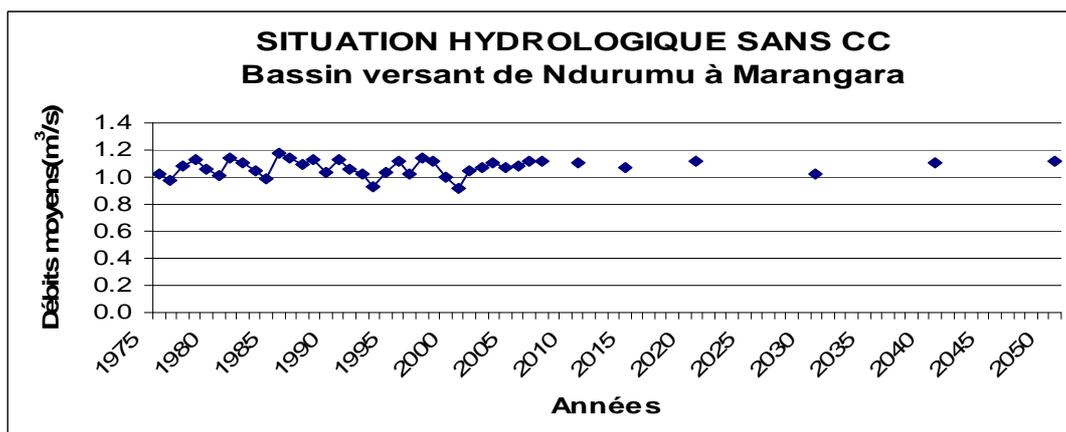
Bassin versant	2010	2020	2030	2040	2050
Muyovozi (mm)	388.8	385.3	390.9	353.2	398.1
Muyovozi (m ³ /s)	9.9	9.3	10.0	9.0	10.2
Ndurumu (mm)	141.6	143.4	131.4	142.7	144.4
Ndurumu (m ³ /s)	1.10	1.11	1.02	1.11	1.12

Figure n° 32 : Situation des débits moyens sans CC à Gihofi



Source : Ntungumburanye G. et Nindamutsa A., Etude de vulnérabilité et d'adaptation au changements climatiques, Secteur des ressources en eau, Rapport Définitif, PNUD/MINATTE, septembre 2008.

Figure n° 33 : Evolution des débits sans CC à Marangara



Source : Ntungumburanye G. et Nindamutsa A., Etude de vulnérabilité et d'adaptation au changements climatiques, Secteur des ressources en eau, Rapport Définitif, PNUD/MINATTE, septembre 2008.

En absence des changements climatiques, la situation hydrologique établie montre que les débits de la Muyovozi et de la Ndurumu restent presque constants avec une légère augmentation des débits en 2050 par rapport aux débits moyens annuels de la période de référence (1975-2005). Pour ces rivières, les débits moyens annuels passent de 9.8 m³/s à 10.2 m³/s pour la Muyovozi et de 1.07 m³/s à 1.12 m³/s pour la Ndurumu, observés pour la période de référence (1975-2005) et projeté en 2050. La hausse globale est respectivement de 0.4 m³/s et de 0.05 m³/s, soit 4.1 % et 4.7% respectivement.

4.3.2. Situation hydrologique en présence des changements climatiques

En recourant aux équations de régression linéaire établies antérieurement par le Modèle de Perturbation Linéaire (LPM), il a été possible de reconstituer les débits moyens annuels à partir de la pluviométrie calculée avec les changements climatiques pour différents niveaux de scénarios selon le contenu des tableaux n° 26 et n° 27 ci-après :

Tableau n° 26 : Evolution des débits du Bassin versant de Muyovozi avec CC

Années	Scénario Haut		Scénario moyen		Scénario bas	
	RR (mm)	Q (m ³ /s)	RR(mm)	Q (m ³ /s)	RR(mm)	Q(m ³ /s)
2010	1156.9	10.0	1156.9	10.0	1156.9	10.0
2020	1151.2	10.0	1151.2	10.0	1151.2	10.0
2030	1178.7	10.2	1178.7	10.2	1178.7	10.2
2040	1063.4	9.3	1063.4	9.3	1063.4	9.3
2050	1223.4	10.5	1223.4	10.5	1223.4	10.5

RR= Précipitations en mm ; Q=Débits en m³/s

Tableau n° 27 : Bassin versant de Ndurumu à Marangara

Années	Scénario Haut		Scénario moyen		Scénario bas	
	RR (mm)	Q (m ³ /s)	RR (mm)	Q (m ³ /s)	RR (mm)	Q (m ³ /s)
2010	1131.3	1.11	1131.3	1.11	1131.3	1.11
2020	1167.4	1.12	1167.4	1.12	1167.4	1.12
2030	972.0	1.02	972.0	1.02	972	1.02
2040	1174.6	1.13	1174.6	1.13	1174.6	1.13
2050	1214	1.14	1214	1.14	1214	1.14

RR= Précipitations en mm ; Q=Débits en m³/s

Les scénarios développés à différents niveaux de sensibilité des changements climatiques montrent une augmentation sensible des précipitations et de la température accompagnée d'une augmentation non négligeable des débits des cours d'eau des régions étudiées. Ainsi, tous les scénarios (haut, moyen et bas) avec changement climatique montrent bien que les débits moyens annuels de la Muyovozi et de la Ndurumu à Marangara passent respectivement de 9.8 m³/s à 10.5 m³/s et de 1.07 m³/s à 1.14 m³/s de 1975-2005 (période de référence). A l'horizon 2050, cela correspond à des augmentations respectives de 7.1 % et de 6.5 %.

Toutefois, on remarque une diminution importante des ressources en eau pendant la période 2030-2040 pour la Muyovozi, pour reprendre l'augmentation entre 2040 et 2050. Le même scénario est observé pour la Ndurumu pendant les périodes 2020-2030 et 2030-2040 respectivement.

4.3.3. Evaluation de la vulnérabilité future des ressources en eau

La présente étude a analysé le comportement des ressources en eau d'une manière générale en fonction des changements projetés des principaux paramètres climatiques que sont la température et les précipitations et a abouti à une augmentation des débits moyens annuels de l'ordre de 7 % d'ici l'an 2050. Nous reprenons dans le tableau n° 28 les principaux impacts sur la vulnérabilité future des ressources en eau.

Tableau n° 28 : Vulnérabilité du secteur des ressources en eau

	Impacts climatiques	Vulnérabilité future
1	Augmentation de l'évaporation et de l'évapotranspiration	Assèchement des lacs et d'autres cours d'eau ; Perte du couvert végétal
2	Erosion sur les collines et inondations dans les bas fonds,	Destruction des infrastructures socio-économiques (routes, ponts, habitations)
3	Inégale distribution spatio-temporelle des précipitations à travers le pays : excès pluviométrique et stress hydrique	Baisse des rendements agricoles ; Problèmes de sécurité alimentaire du pays.
4	Détérioration de la qualité de l'eau de surface	Prolifération des maladies à vecteurs et des maladies hydriques.
5	Plus grande érosion pluviale	Pertes de terres arables et de cultures de bas-fonds suite aux inondations
6	Envasements de certaines rivières	Réduction de la production des centrales hydroélectriques

Les changements climatiques conduisent ainsi à l'exacerbation de difficultés et impacts non climatiques dus à la pression démographique. Dans le futur, il y aura des problèmes certains d'approvisionnement en eau potable pour une population qui augmente ainsi qu'une concurrence accrue dans l'exploitation des ressources en eau souterraines aujourd'hui non encore polluées.

4.4. Tendances du secteur de l'énergie

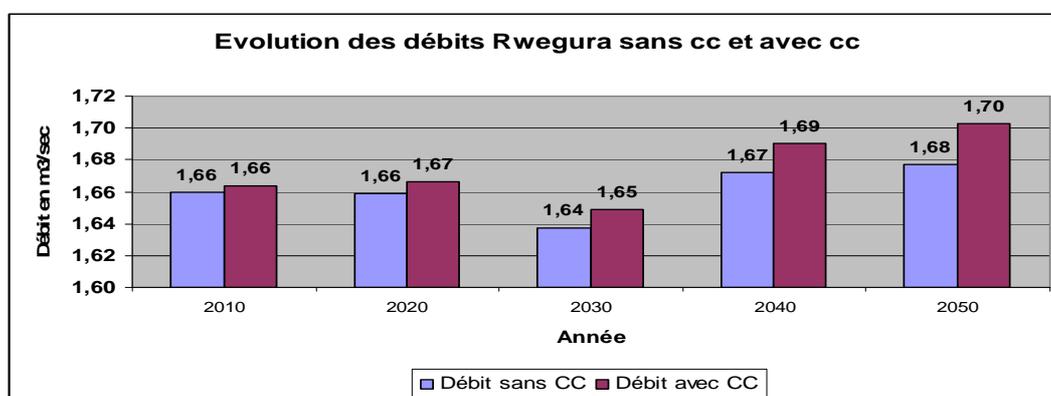
4.4.1. Traitement des données

Les formules de régression obtenues dans la section 3.4. sur le développement de la situation de base du secteur de l'énergie ont été utilisées pour la projection des tendances d'évolution de la production hydroélectrique, de l'envasement des barrages et de l'évaluation de la tendance d'évolution de la superficie des boisements.

4.4.2. Tendances de la production hydroélectrique

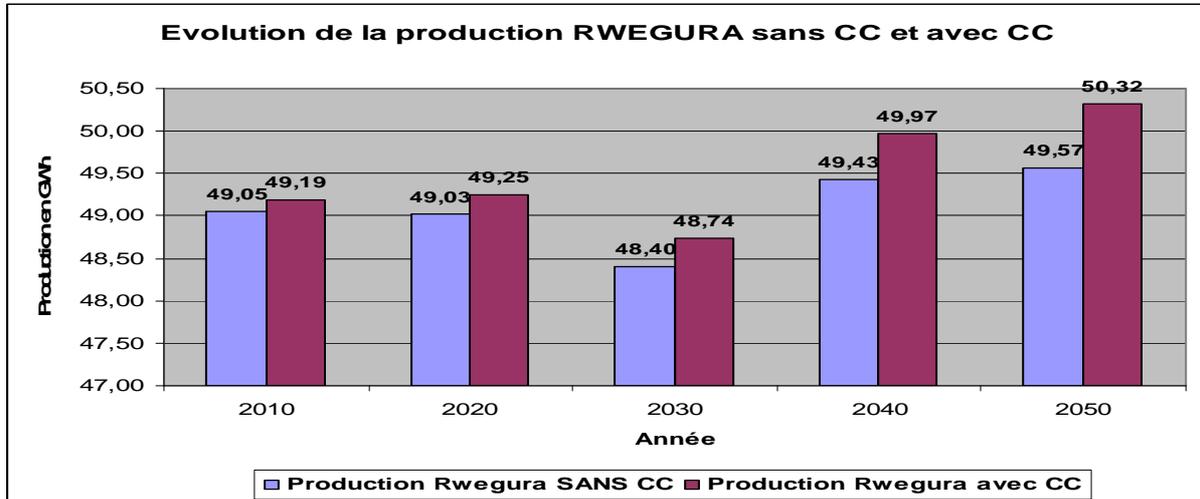
Sur base de l'évolution des paramètres climatiques, les experts du secteur de l'énergie ont comparé l'évolution des débits à la centrale de Rwegura avec et sans changements climatiques dans la figure n° 34.

Figure n° 34 : Evolution des débits de Rwegura sans CC et avec CC



La production hydroélectrique annuelle aurait tendance à évoluer dans le même sens que les précipitations annuelles (figure n° 35)

Figure n° 35 : Evolution de la production de RWEGURA sans CC et avec CC



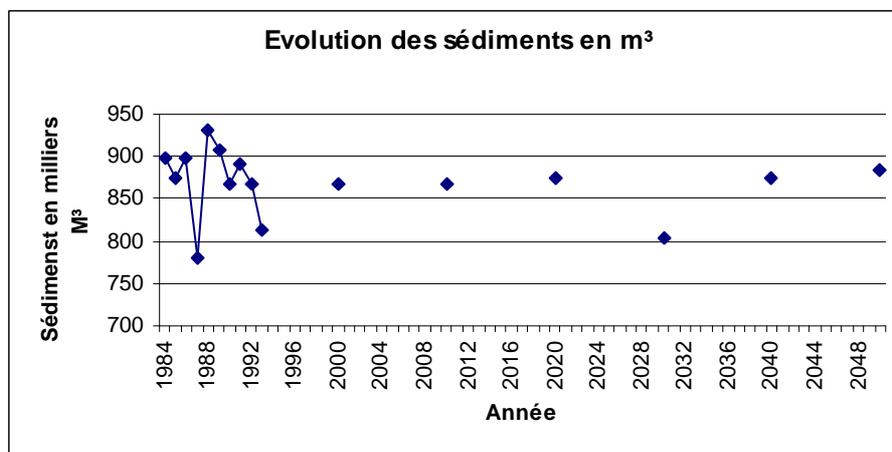
4.4.3. Evolution de l'envasement des centrales hydroélectriques

La formule suivante a été utilisée pour le calcul de la quantité de sédiments en m³ entassées chaque année dans un barrage d'une centrale hydroélectrique:

$$S = 31,536 * Qa * Co / Cv * D * 10^6 \quad (m^3) \quad [1]$$

- Avec
- S = le volume des apports en sédiments (m³)
 - Qa = le module annuel moyen de la rivière (m³/s)
 - Co = Concentration de l'eau en sédiments (g/litre)
 - Cv = densité des sédiments (g/m³),
 - D = durée (en années).

Figure n° 36 : Evolution des dépôts annuels de sédiments dans un barrage d'une centrale hydroélectrique.



L'envasement annuel des barrages des centrales en service évoluent de la même façon que l'évolution des précipitations et pourrait conduire à l'arrêt des centrales hydroélectriques à faible volume de retenue comme la centrale de MARANGARA et de BUHIGA si des mesures appropriées ne sont pas prises à temps.

4.4.4. Tendances d'évolution de la superficie des boisements

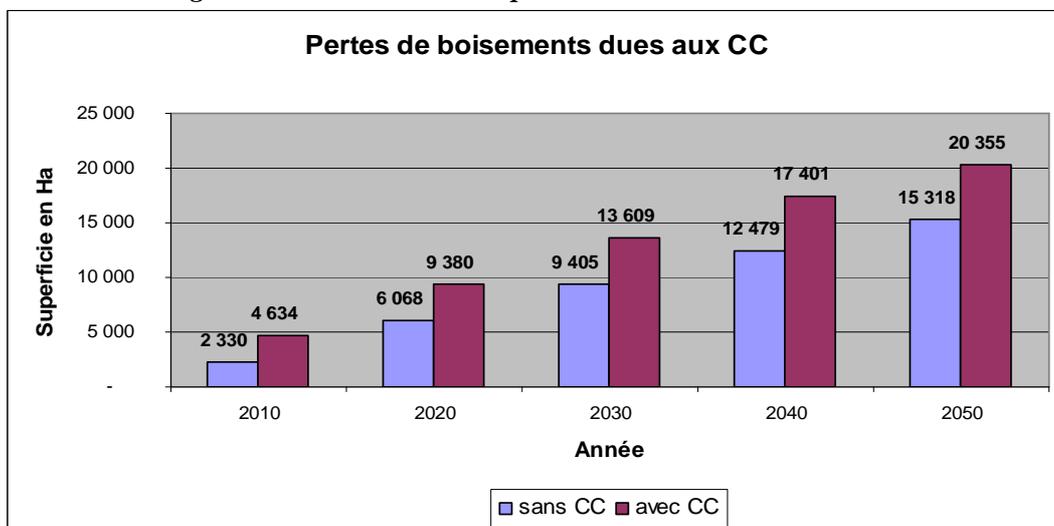
L'un des facteurs les plus importants influençant les feux de forêts et les feux de brousse est celui des températures élevées enregistrées dans une région avec le prolongement de la période sèche suite aux changements climatiques³⁵. Une formule empirique a été utilisée pour calculer l'impact des températures sur la superficie des boisements :

$$Si = So*(1-(Ti-To)/Ti)) \quad [2]$$

Avec Si = la superficie des boisements à l'horizon souhaité
 So= la superficie des boisements à l'origine
 To= la moyenne de la température annuelle à l'origine
 Ti= la température à l'horizon i.

L'application de cette formule avec les températures de KIRUNDO indique une tendance constante à la baisse de la superficie disponible des boisements du Burundi qui serait due uniquement à l'accroissement des températures selon le contenu de la figure n° 37.

Figure n° 37 : Prévion des pertes de boisements avec les CC



Si le rythme de la consommation de l'énergie et de l'utilisation alternative des boisements continuent comme aujourd'hui, le Burundi pourrait devenir désertique endéans une période de moins de 100 ans. Il est par conséquent nécessaire de prendre toutes les mesures visant à la sauvegarde du patrimoine forestier du pays et adopter des stratégies en faveur de la substitution de la biomasse énergétique.

³⁵ MACEDONIA, Second National Communication on Climate Change, Ministry of Environment and Physical Planning, December 2008.

En effet, la substitution de la biomasse en réponse à la demande énergétique des ménages demeure une problématique de taille dans le contexte actuel d'une pauvreté croissante. Les revenus des ménages ne font que s'effriter à telle enseigne que les ménages urbains ont le problème d'acheter le bois et le charbon de bois qui devient cher au jour le jour.

4.4.5. Synthèse de la vulnérabilité future

Dans l'avenir, certains impacts observés actuellement dans le secteur de l'énergie pourraient encore s'aggraver si des mesures d'adaptation appropriées ne sont pas adoptées et mises en œuvre. Les impacts futurs pourront notamment être visualisés à travers :

- L'arrêt plus fréquent de certaines centrales hydroélectriques en service suite au dépassement des seuils de fonctionnement pour cause de déficit pluviométrique et de la sécheresse prolongée ;
- L'envasement total de certains barrages suite à une érosion plus forte à cause des précipitations plus abondantes entraînant l'arrêt total de quelques centrales hydroélectriques dont les plus menacées seraient les centrales de MARANGARA, de BUHIGA et de KAYENZI ;
- Des inondations plus fréquentes des infrastructures de production électrique comme celles de MUGERE entraînant l'arrêt de la production pendant des périodes plus longues ;
- L'accroissement de ruissellement en provenance de la dégradation des terres dans les bassins versants des centrales hydroélectriques ;
- Une fluctuation importante dans la production électrique suite aux agressions contre le système d'alimentation en eau et aux modifications des schémas de pluies.
- Un déficit plus important dans le secteur de l'électricité entraînant des problèmes réels d'approvisionnement en électricité dans les différents domaines socioéconomiques du pays;
- Un problème généralisé de manque du bois de feu et du charbon de bois suite à une pression plus grande et combinée de l'activité de l'homme et des températures en accroissement et une modification dans les taux de croissance de la biomasse.

4.5. Tendances du secteur de l'agriculture

4.5.1. Traitement des données

Les projections des rendements des cultures vivrières et des productions industrielles sans et avec changements climatiques ont été effectuées à partir des données du secteur agricole à l'aide du logiciel GenStat Discovery Edition 3 en utilisant le modèle de régression linéaire et par la méthode graphique du logiciel Excel en fonction des séries des pluviométries mensuelles et saisonnières projetées fournies et développées par l'IGEBU à l'aide du logiciel MAGICC/SCENGEN.

Sur base des ces équations de régression linéaire, les experts du secteur agriculture ont pu développer les scénarios d'évolution en absence et en présence des changements climatiques. Partant de l'évolution mensuelle des précipitations entre 1994 et 2006 pour les saisons s'étendant de Septembre à Janvier et pour la saison B allant normalement de Février à Juin, l'étude du secteur agricole a utilisé un modèle de régression linéaire multiple entre le

rendement de la production à l'hectare et les précipitations mensuelles pour les deux saisons concernées.

L'équation linéaire est de forme suivante :

$$Y_i = b_0 + b_1 \text{pluv sept} + b_2 \text{pluv oct} + b_3 \text{pluv nov} + b_4 \text{pluv déc} + b_5 \text{pluv janv}$$

$$Y_j = c_0 + c_1 \text{pluvio févr} + c_2 \text{pluvio mars} + c_3 \text{pluvio avr} + c_4 \text{pluv mai} + c_5 \text{pluvio juin}$$

où Y_i et Y_j = production/rendement par saison A et B respectivement enregistré pour chaque culture et site météorologique correspondant

b_0 et c_0 = constante

$b_{1...5}$ et $c_{1...5}$ = coefficients de régression linéaire

pluv = pluviométrie mensuelle (mm) par site météorologique considéré.

4.5.2. Projections des tendances en absence et en présence des changements climatiques

La projection de la production agricole est illustrée ci-après avec l'évolution du rendement de la production de pommes de terre à Gisozi avec et sans changements climatiques.

Figure n° 38 : Rendement de la production de pomme de terre sans CC

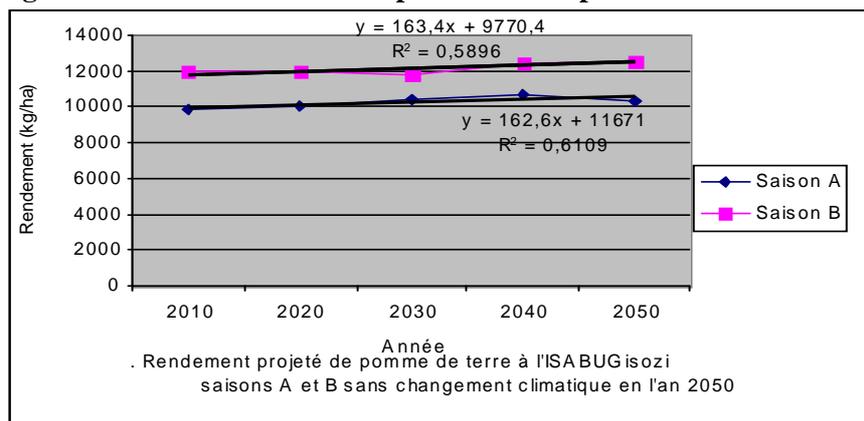
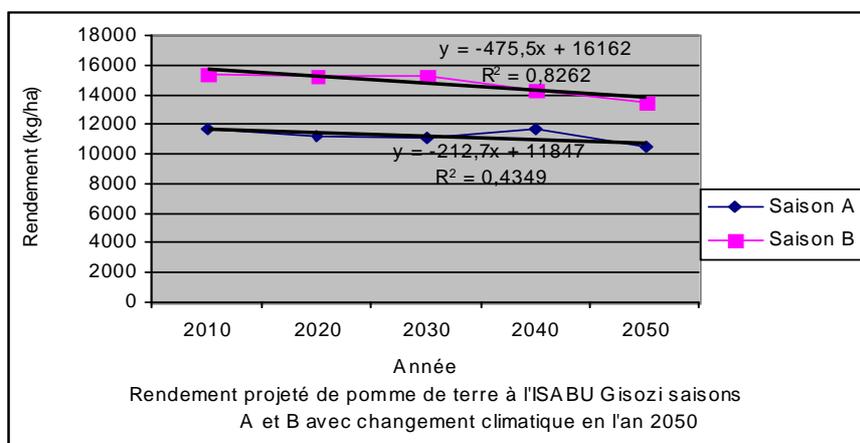


Figure n° 39 : Rendement de la production de pomme de terre avec CC



En absence des changements climatiques, l'évolution du rendement de production de pomme de terre aura une tendance positive et identique en saison culturale A et en saison B. Les rendements de la production en première saison culturale A resteront inférieurs à ceux enregistrés en saison culturale B. Par contre, les projections des rendements en cas de changements climatiques pour la saison A et la saison B montrent une tendance en baisse très accentuée à partir de 2010, les rendements en saison A étant toujours inférieurs à ceux de la saison B.

Toute augmentation des précipitations au delà de la situation de référence provoquera une forte diminution des rendements. En cas de pluies intense pendant la période de floraison, il y aura fréquemment des temps nuageux qui vont inhiber le processus de floraison et de maturation des plants. Il y aura également la prolifération de maladies cryptogamiques dont la bactériose.

Le phénomène sera presque identique pour toutes les cultures vivrières avec de meilleurs rendements sans changements climatiques et des rendements réduits avec les changements climatiques à causes de la prolifération des maladies fongiques, bactériennes et des attaques par des insectes.

Le cas particulier sera celui du maïs et du sorgho qui enregistrent une augmentation du rendement en absence et en présence des changements climatiques car le maïs et le sorgho ont une plus grande tolérance des pluies intenses pour autant qu'il n'y ait pas de grêle et de vents violents.

Les cultures industrielles ne seront pas épargnées par les changements climatiques car tout accroissement des précipitations au delà du seuil de la situation de référence provoquera une diminution de rendement du fait que cet accroissement intervient dans la période de floraison et de maturation des fruits du palmier à huile et du caféier. L'excès de précipitations favorise également la prolifération des maladies et des ravageurs qui vont diminuer le rendement.

4.5.3. Synthèse de la vulnérabilité future des cultures

A terme d'analyse des projections sur la vulnérabilité du secteur de l'agriculture à l'horizon 2050, et en partant de la situation de référence, il se dégage deux niveaux de réaction des cultures vivrières et industrielles concernées dans cette étude tel que le montre le tableau n°29 ci-dessous.

Tableau n° 29. Degré de réponses des cultures face aux conditions avec et sans changements climatiques à l'horizon 2050

Culture	Site	Région agro-écologique	Saison agricole	Scénario sans changements climatiques	Scénario avec changements climatiques
1. Pomme de terre	Gisozi	Haute altitude	A	Neutre	Vulnérable
			B	Neutre	Vulnérable
2. Haricot	Bukemba	Dépressions de Kumoso	A	Neutre	Vulnérable
			B	Neutre	Vulnérable
3. Blé	Nyakararo	Haute altitude Mugamba	B	Vulnérable	Vulnérable
4. Palmier à huile	Rumonge	Basse altitude Imbo	A et B	Vulnérable	Vulnérable
5. Café	Kirundo	Dépressions de Bugesera	A et B	Vulnérable	Vulnérable
6. Maïs	Bukemba	Basse altitude Kumoso	A/B	Neutre	Neutre
7. Sorgho	Bukemba	Basse altitude Kumoso	A/B	Neutre	Neutre
8. Riz	Mugerero	Basse altitude Imbo	B	Neutre	Neutre

A= octobre/novembre à février; B = février/mars à mai/juin; A et B = pérenne; A/B =extension sur deux saisons

De ce tableau, il apparaît que les conditions avec changements climatiques affecteront négativement les productions agricoles en général. Le blé, le café et le palmier à huile en particulier seront les plus menacés dans les deux scénarios. La pomme de terre et le haricot seront également frappés par les conditions extrêmes des changements climatiques en première saison culturale et resteront sur la tangente de menace en deuxième saison agricole ; les chevauchements des deux saisons culturales dus au retour tardif des pluies étant une des causes majeures de cette menace en deuxième saison culturale.

Le maïs, le sorgho et le riz sont des cultures qui seront relativement tolérants aux conditions d'extrêmes variations de la pluviométrie et de déficit hydrique. On remarque également que, indépendamment des cultures pratiquées, toutes les régions agro-écologiques seront menacées par les changements climatiques.

4.6. Tendances du secteur de l'élevage

L'analogie, les enquêtes de terrains et le jugement des experts ont été utilisés pour l'évaluation des impacts futurs sur le secteur de l'élevage. Des parties prenantes du secteur de l'élevage ont été également consultées pour l'évaluation des impacts futurs. Il s'agit principalement des vétérinaires, des zootechniciens, des agronomes, des climatologues, des agroéconomistes ainsi que la population locale dans les zones les plus vulnérables.

Les spécialistes du secteur de l'élevage ont fait des réflexions sur le comportement futur des événements climatiques en considérant l'évolution de leur durée, leur tendance générale, leur fréquence et l'étendue géographique de leurs dégâts. Selon les scénarios climatiques utilisés, ils en sont venus à constater que :

- Les pertes du cheptel bovin, caprin, ovin et volaille, capital productif principal des éleveurs, seront plus importantes suite à des sécheresses plus prolongées et plus fréquentes avec des probabilités d'occurrence entre 40% et 60% entraînant le manque de pâturages et des risques de déficit hydrique étendu parfois sur toute l'année dans les 3 zones considérées et conduisant à des modifications remarquables des revenus et des prix ainsi que les moyens de subsistance, l'emploi et l'investissement.
- Les pluies diluviennes ainsi que les inondations consécutives auront des intensités plus importantes provoquant des dégâts importants dans le cheptel animal et favorisant la prolifération des maladies des animaux et des parasites à l'origine des pertes en vies animales (plus de 100 bêtes par événement).
- Les rendements de production de viande, de lait seront encore plus affectés et plus réduits de même que la production de poissons en cas de sécheresse.
- L'ensablement et l'envasement des lacs et des cours d'eau seront plus importants suite à une érosion plus forte induite par les changements climatiques et entraîneront des pertes élevées dans la production de poissons dans le lac Tanganyika et surtout dans les lacs du Nord qui pourraient à la limite devenir improductifs.
- Des épidémies de maladies à protozoaire de sang pourront apparaître avec les températures élevées lors des sécheresses qui pourront devenir plus prolongées qu'actuellement et affecteront davantage les zones actuellement vulnérables du Kumoso, du Bugesera et de l'Imbo Centre.
- Des coups de foudre apparaissant pendant des tornades seront plus importants et provoqueront des morts supplémentaires de bétail dans les zones de montagne.

La conséquence sera un déséquilibre de plus en plus important dans l'alimentation de la population suite à la réduction de la disponibilité des ressources riches en protéine et partant à la prolifération des maladies carencielles chez l'homme.

4.7. Tendances des écosystèmes humides

Dans le secteur des paysages, l'évolution de températures et des précipitations avec ou sans changements climatique aura des impacts encore importants sur les écosystèmes humides.

4.7.1. Le Lac Tanganyika.

La température est un paramètre déterminant dans le fonctionnement biologique des organismes vivant dans *la zone pélagique du Lac* notamment sur la vitesse de photosynthèse chez les algues, les cycles du zooplancton et la reproduction de poissons.

En effet, l'accroissement des températures prévues en absence et en présence des changements climatiques réduira dans le même sens l'épaisseur de la couche oxygénée du lac et accroîtra la remontée à la surface des eaux riches en nutriments vers la couche superficielle des eaux. Cela devait avoir un impact positif sur la production primaire et sur le zooplancton dans la couche superficielle du lac sur une profondeur plus réduite. Cette situation pourrait cependant conduire au développement de végétaux flottants créant ainsi un phénomène d'eutrophisation du lac (réduction progressive de la partie oxygénée du lac). L'eutrophisation du lac risque de s'étendre dans le temps et conduire à une baisse progressive de la production de la faune animale dont la réduction de la productivité de poissons par la diminution de la transparence de l'eau qui fait migrer certaines espèces de poissons prédateurs sélectifs, comme

les *Lates* (Capitaine, Sangala, Inonzi, Mukeke) ainsi que les espèces liés à des fonds clairs comme les *Boulengerochromis* (Inguhe ou Kuwe) qui devraient se déplacer vers des zones plus favorables. De telles conditions favoriseraient cependant les poissons planctonnophages comme la sardine et le tilapia.

Pour *la zone du littoral*, des fluctuations sensibles du niveau du lac continueront à être enregistrées et même amplifiées à l'horizon 2050. Une montée du niveau du lac et l'extension de la côte lacustre dans la plaine littorale sur plusieurs centaines de mètres s'accompagnera d'un enrichissement des eaux en nutriments dans les zones de reproduction et de croissance des poissons. Mais par contre, le risque d'occupation des terres disponibles par le retrait de l'eau pendant les sécheresses prolongées sera important pour les écosystèmes compte tenu des tendances à l'agriculture et à l'installation des infrastructures socio-économiques sur le littoral.

4.7.2. Le Delta de la Ruzizi

Le delta de la Ruzizi est occupé par des micro-habitats et des associations végétales adaptées aux conditions d'inondation et d'exondation alternées sur un cycle annuel ou pluriannuel. Avec l'avancée ou le recul de l'eau, les associations végétales s'adapteront très rapidement, en colonisant ou en reculant dans le delta en fonction du niveau d'humidité qui convient à chacune, depuis les végétaux flottants, les semi-inondées, les espèces des terres fermes mais humides, les espèces de terres sablonneuses bien drainées, et les espèces de dunes plus sèches en fonction de l'importance de la surface sous eaux quand le niveau monte.

Si le niveau moyen du lac se maintient durablement à 776 m ou au-delà, une partie importante du delta deviendra tout simplement la zone littorale lacustre. Les formations végétales de ces zones semi inondables et la faune associée qu'on y trouve actuellement pourraient s'installer à la périphérie, autour d'une nouvelle ligne, s'ils n'étaient pas perturbés par l'homme. En effet, ces écosystèmes sont surtout vulnérables quand le niveau des eaux baisse suffisamment pour permettre la pénétration des agriculteurs éleveurs. Dans ce cas les associations végétales sont détruites définitivement par l'agriculture, le surpâturage, la coupe, les feux de brousses; la faune avicole s'en va et les grands mammifères sont détruits définitivement.

4.7.3. Les complexes marécageux et lacustres de l'Akanyaru et de l'Akagera

Les complexes marécageux et lacustres de l'Akanyaru et de l'Akagera doivent leur existence au bilan hydrologique largement positif des massifs montagneux et des plateaux centraux au Nord Est et à l'Est, qui dégage un important excédent d'écoulement vers les vallées de l'Akanyaru et de la Nyabarongo. L'eau est stockée avec une élévation du niveau dans les marécages et les lacs, pour s'écouler plus lentement ensuite vers l'aval. Pendant les années à forte pluviosité, les marécages et les lacs font le plein d'eau, avec même de fortes inondations, le retour à la normale pouvant prendre plus d'une année. Par contre, au cours des années avec un déficit pluviométrique, le complexe marécageux perdront de l'eau avec une diminution spectaculaire du niveau dans les lacs et les marécages.

Une élévation de la température dans la région, aura comme conséquence une intensification de l'évaporation, surtout pendant la saison sèche. Ceci va accentuer la diminution du niveau des eaux dans les marécages et dans les lacs pendant les périodes de déficit pluviométrique. La conséquence sera un rabattement du niveau de la nappe phréatique, la destruction des

habitats pour la biodiversité, l'accélération de l'érosion, l'augmentation de la turbidité des eaux et la perte de revenu interventions de l'homme

Pendant les périodes de forte pluviométrie, l'élévation du niveau des eaux dans les complexes aquatiques devrait entraîner une extension latérale des milieux marécageux et lacustres. Ceci constitue un impact plutôt positive qui est favorable pour la faune et la flore dans les écosystèmes, qui sont d'ailleurs adaptés à ces conditions.

Toutefois, une autre conséquence également importante serait la disparition définitive des lacs du système de l'Akanyaru qui pourrait survenir encore plus vite, si les agriculteurs détruisent les barrières végétales qui les séparent de la rivière principale dans les complexes marécageux et lacustres de l'Akanyaru et de l'Akagera, entraînant l'assèchement des lacs et des marécages, avec perte de terres fertiles, de flore et de faune, dont les stocks de poissons d'intérêt alimentaire et économique évident.

4.7.4. Le marécage de Malagarazi

La principale liaison des écosystèmes humides de la Malagarazi avec la variabilité des conditions climatiques est que, en périodes de fortes pluviosités, le niveau d'eau monte dans la rivière et le marécage; lors des périodes sèches, les niveaux baissent et le marécage se rétrécit. Du point de vue de l'écosystème aquatique, ces fluctuations sont bénéfiques, parce que les organismes aquatiques végétaux ou animaux qui ont évolués dans ces conditions y sont adaptés. Les inondations apportent un supplément de nutriments à l'écosystème, l'espace pour la végétation semi inondée connaît son extension maximale, et ceci est favorable pour les animaux amphibiens ; les poissons en profitent pour remonter les affluents ou redescendre la rivière principale pour rejoindre les zones de reproduction ou de nouveaux sites d'alimentation.

Un risque sérieux pour l'écosystème consiste dans la pression humaine, surtout pendant la période d'étiage, avec la progression de l'agriculture sur les zones exondées. Là où la végétation naturelle est détruite, elle ne pourra pratiquement jamais se reconstituer et la faune y associée ne va pas revenir. A rappeler que ces marécages de la Malagarazi constituent les derniers refuges d'une faune amphibie en voie de disparition au Burundi.

4.8. Tendances des écosystèmes terrestres avec et sans changements climatiques.

4.8.1. Scénarios d'évolution

Dans l'évaluation des tendances d'évolution des écosystèmes terrestres, l'analyse de l'évolution des précipitations et des températures obtenues dans les stations de Bujumbura, de Kirundo, de Musasa et de Gisozi avec et sans changements climatiques indique que les précipitations seront plus importantes mais réparties sur une courte période. Les températures moyennes seront en augmentation sur presque toutes les stations et varient de 1,2°C à 3,2°C avec les changements climatiques entre 2010 et 2050.

Avec ou sans changements climatiques, l'étude sectorielle a projeté le comportement des formations forestières à l'horizon 2050 en considérant des évolutions des précipitations et des températures au même horizon.

4.8.2. Comportement des écosystèmes terrestres sans et avec changements climatiques.

4.8.2.1. Les forêts ombrophiles.

- L'étage subalpin à partir de 2050 m d'altitude devra reculer ou même disparaître sur plusieurs étendues sous des températures moyennes qui atteindraient les 14°C. La végétation est très clairsemée et entrecoupée par des sols dénudés.
- La forêt ombrophile de montagne devrait connaître une très grande expansion ascendante suite aux nouvelles conditions écologiques favorables aux altitudes entre 1900 m et 2250 m.
- Tous les étages de la forêt ombrophile seront modifiés de façon ascendante suite au relèvement des températures.
- Les espèces de l'étage de transition vont s'interpénétrer avec les espèces des savanes de MUMIRWA dans l'étage inférieur.
- Certaines espèces végétales vont disparaître à cause de nouvelles conditions climatiques induites par les changements climatiques conduisant à des déserts rocheux sur les sommets de la crête Congo-Nil.
- L'aggravation de l'érosion si l'étage dite « afromontagnard » est défrichée dans l'entre-temps perturbant le régime des cours d'eau et aggravant la pollution du lac Tanganyika.
- Les feux de brousse devront également s'intensifier sur la forêt de montagne avec l'extension de la saison sèche de Mai à Novembre conduisant à des pertes importantes d'espèces végétales et animales.

4.8.2.2. Les forêts claires.

- Les forêts claires se trouvant sur des zones assez arides connaîtront une dégradation progressive des formations végétales avec la montée des températures.
- Certaines espèces de végétaux ne résisteront pas aux nouvelles conditions climatiques mais des espèces résistantes comme les *Brachystegia spisiiformis*, prolifères dans les forêts de Bururi, pourront survivre car pouvant supporter des températures dépassant 30°C. Deux espèces de peuplements arborescents à savoir *Isobertia angolensis* et *Brachystegia* garderont la même structure et le même cortège floristique.
- Les savanes herbeuses pourraient devenir boisées dans les conditions des précipitations intenses et se développer plus tard en forêts claires.
- La vulnérabilité aux feux de brousse sera plus importante avec des sécheresses plus longues.
- Les terres soumises aux coupes rases et aux feux de brousse perdront progressivement leur biomasse rendant ainsi très agressifs les nombreux herbivores, les rongeurs et surtout les termites dont la prolifération (plus de 380 termitières par hectare) constitue un frein au développement de nouvelles espèces.

4.8.2.3. Les savanes

Malgré les bonnes conditions d'humidité qui régneront surtout en saison des pluies, les feux de brousse auxquels s'ajoutent les feux de gestion seront amplifiés par des sécheresses très longues et dures et constitueront une barrière à l'évolution progressive des savanes. Ce sont les savanes herbeuses et arbustives, riches en herbacées véhicules du feu, qui subiront une dégradation accentuée surtout celles localisées sur des piémonts. Des grands problèmes seront enregistrés liés aux effets néfastes des changements climatiques sur les savanes du Parc National de la Ruvubu et sur les savanes non protégées dont notamment :

- la dégradation des savanes avec pertes d'espèces;
- Une vulnérabilité plus accrue aux feux de brousses;
- Installation des déserts rocheux et prolifération des termitières.

4.8.2.4. Les bosquets xérophiles

- Dégradation des bosquets et forêts à *Hyphaene* de la plaine de la Ruzizi;
- Disparition progressive des bosquets des collines avec pertes d'espèces dans le Bugesera;
- L'installation des bosquets xérophiles dans les vallées asséchées ;
- Installation du désert dans la plaine de la Rusizi et dans la région du Bugesera;
- Vulnérabilité accrue aux feux de brousse.

4.9. Tendances des paysages en absence et en présence des changements climatiques

Compte tenu de l'évolution des paramètres climatiques de précipitation et de température qui vont s'accroître dans le temps avec et sans changements climatiques avec des amplitudes plus importantes en cas de changements climatiques, le jugement des experts du secteur des paysages les a amené à affirmer que :

- Les précipitations directes des régions basses s'ajoutant aux eaux des cours d'eau provenant des régions élevées et plus arrosées de MUMIRWA et de la Crête Congo-Nil vont accroître le risque des inondations plus fréquentes et de grande ampleur dans les basses terres ;
- Les impacts induits par les changements climatiques seront principalement l'amplification de l'érosion des sols le long des axes de drainage dans les bassins versants montagneux des MUMIRWA.
- Les Lacs COHOHA, RWERU, RWIHINDA et KANZIGIRI dans la dépression de Bugesera pourraient voir leur niveau baisser davantage avec l'amplification de la sécheresse et l'eau se retirer au-delà des 400 m, déjà atteints vers le centre de ces lacs entraînant le risque de disparition total de certains lacs qui sont peu profonds ;
- Le niveau du Lac Tanganyika va monter consécutivement aux fortes précipitations.
- Les conséquences des changements climatiques pourraient également toucher de façon très remarquable toutes les parties du pays avec des impacts diversifiés suivant les régions concernées.

4.10. Tendances du secteur de la santé

4.10.1. Evolution du paludisme en absence des changements climatiques

L'analyse a été focalisée sur l'évolution de la malaria à travers sa projection dans le futur en fonction des prévisions de la pluviométrie et de la température de 2010 à 2050. Ces prévisions vont servir dans la corrélation des cas projetés sans ou avec changement climatique. Dans les zones où la maladie évolue sous un mode endémique avec des pics saisonniers, le constat est que les facteurs climatiques qui leur sont favorables (températures et précipitations) le seront davantage au cours des décennies ultérieures. L'avenir de la santé dans notre pays, spécialement dans les régions où la température moyenne annuelle se situe autour de 21°C actuellement sera menacé par une recrudescence de paludisme et les facteurs « accroissement démographique » et « les comportements humains » pourront aussi jouer un rôle non négligeable

La projection des cas de paludisme dans les provinces ciblées à l'horizon 2050 montre une hausse très sensible des cas de maladie si le rythme actuel se maintient. Le calcul a été fait par le logiciel de traitement de données statistiques, INSTAT. Les données projetées sont le résultat d'un calcul par la méthode de la régression linéaire simple selon la formule :

$$Y = ax + b$$

Avec Y : nombre de cas de paludisme projetés à l'horizon 2050

a : facteur donné généré par le logiciel

x : Variable chronologique

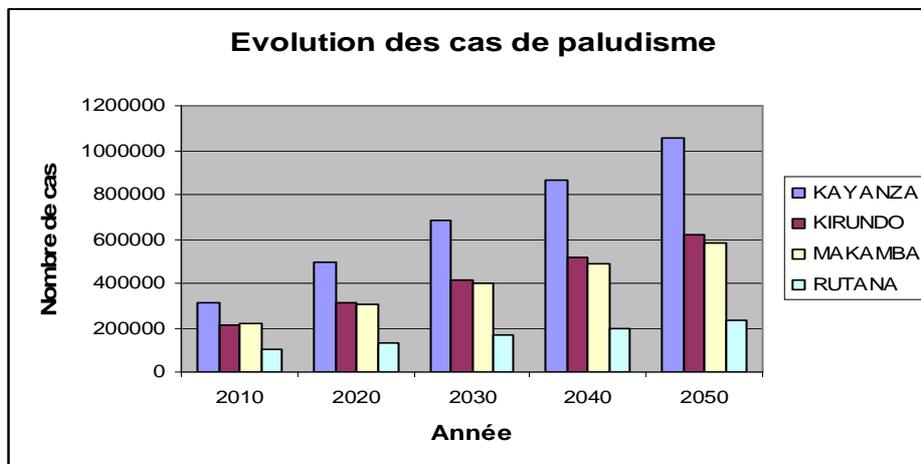
b : Valeur d'adéquation cherchée générée par le logiciel

Nous reprenons dans le tableau n°30 et figure n° 41 les résultats des projections dans les conditions actuels qui seront comparées avec les projections sans et avec changements climatiques.

Tableau n° 30 : Projection des cas de paludisme dans les provinces ciblées

	KAYANZA	KIRUNDO	MAKAMBA	RUTANA
2010	310094	207751	214624	101090
2020	495864	311041	306294	133980
2030	681634	414331	397964	166870
2040	867404	517621	489634	199760
2050	1053174	620911	581304	232650

Figure n° 40 : Projection des cas de paludisme à l’horizon 2050 dans les provinces sous étude sans CC.



L'évolution des cas de paludisme dans les conditions actuelles à l'horizon 2050 connaîtrait un accroissement dans toutes les zones étudiées en supposant que le rythme actuel d'évolution de la maladie se maintient.

4.10.2. Evolution du paludisme en présence des changements climatiques

Le calcul des cas de paludisme a été effectué selon la méthode de corrélation linéaire en utilisant la pluviométrie et la température dans les provinces de Gitega, Kayanza, Kirundo, Makamba et Rutana. Le calcul a été effectué en utilisant le logiciel spécialisé GENSTAT qui produit une corrélation multiple entre l'évolution des cas de paludisme et l'évolution des précipitations et des températures aux horizons de temps considérés.

Le modèle de formule utilisé est le suivant³⁶ :

$$Y_i = b_0 + b_1 * x_i + c_1 * y_i$$

Avec Y = Cas de paludisme ;

b₀ = coefficient de régression

b₁ = facteur de multiplication appliqué à la pluviométrie

c₁ = facteur de multiplication appliqué à la température

x_i = Pluviométrie de la station météorologique

y_i = Température de la station météorologique

³⁶ Dr. François-Xavier BUYOYA et Venant KAVUYIMBO, MPH, Etude de vulnérabilité et adaptation aux changements climatiques : secteur de la santé, PNUD/MINATTE, octobre 2008.

4.10.3. Evaluation des résultats

Les résultats des projections sans et avec changements climatiques sont illustrées dans les tableaux n° 31, 32, 33 et 34 pour les provinces de Rutana, Kayanza, Kirundo et Makamba au regard des cas de paludismes corrélés avec changements climatiques.

Tableau n° 31 : Cas de paludismes corrélés avec et sans changements climatiques à Rutana

Année	Paludisme sans CC				Paludisme avec CC		
	Cas projetés	Pluvio en mm	Temp en °C	Cas corrélés sans CC	Pluvio en mm	Temp en °C	Cas corrélés avec CC
2010	101090	1145.4	20.6	103362	1156.9	20.9	35939
2020	133980	1134.2	20.8	129982	1151.2	21.3	52799
2030	166870	1152.2	21.1	168258	1178.7	21.8	72807
2040	199760	1030.4	21.3	200131	1063.4	22.2	93042
2050	232650	1175.2	21.6	232385	1223.4	22.6	104798

Tableau n° 32 : Cas de paludismes corrélés avec et sans changements à Kayanza

Année	Paludisme sans CC				Paludisme avec CC		
	Cas projetés	Pluvio en mm	Temp en °C	Cas corrélés sans CC	Pluvio en mm	Temp en °C	Cas corrélés avec CC
2010	310094	1506.3	18.1	307358	1521.4	18.5	310794
2020	495864	1482.3	20.8	493172	1504.5	21.4	495249
2030	681634	1433.3	23.5	679032	1466.3	24.3	682292
2040	867404	1522.3	26.2	864641	1568.9	27.4	864806
2050	1053174	1546.3	28.9	1050368	1609.7	30.5	1054830

Tableau n° 33 : Cas de paludismes corrélés avec et sans changements à Kirundo

Année	Paludisme sans CC				Paludisme avec CC		
	Cas projetés	Pluvio en mm	Temp en °C	Cas corrélés sans CC	Pluvio en mm	Temp en °C	Cas corrélés avec CC
2010	207751	1120.1	22.1	207751	1131.3	22.5	347374
2020	311041	1150.1	22.6	311041	1167.4	23.2	370575
2030	414331	950.1	23.1	414331	972	23.9	399842
2040	517621	1138.1	23.6	517621	1174.6	24.8	425580
2050	620911	1166.1	24.1	620911	1214	25.7	455594

Tableau n° 34 : Cas de paludismes corrélés avec et sans changements à Makamba

Année	Paludisme sans CC				Paludisme avec CC		
	Cas projetés	Pluvio en mm	Temp en °C	Cas corrélés sans CC	Pluvio en mm	Temp en °C	Cas corrélés avec CC
2010	214624	1145.4	20.6	221065	1156.9	20.9	421284
2020	306294	1134.2	20.8	295258	1151.2	21.3	505213
2030	397964	1152.2	21.1	401942	1178.7	21.8	616981
2040	489634	1030.4	21.3	490767	1063.4	22.2	679210
2050	581304	1175.2	21.6	580676	1223.4	22.6	975949

Le constat pour *la province de Rutana* est qu'il y aurait une évolution du paludisme dans le même sens que l'évolution des paramètres climatiques. Les cas avec CC connaîtraient cependant une diminution presque de la moitié par rapport aux cas sans CC. La justification de cette situation résiderait dans le fait que l'évolution à la hausse des températures au delà d'un certain seuil favorisée par une sécheresse prolongée avec un régime irrégulier des précipitations serait de nature à freiner la prolifération des moustiques, vecteurs du paludisme.

Dans la province de Kayanza, il y aurait une évolution du paludisme également dans le même sens que les l'évolution des paramètres climatiques. L'évolution modérée des précipitations et des températures observée à Kayanza sur la période de 2010 à 2050 favoriserait l'accroissement du paludisme aussi bien sans ou avec CC.

Pour ce qui est de *la province Kirundo*, il y aurait une évolution positive des cas de paludismes. Cependant, les cas projetés sans intervention de la pluviométrie et de la température et ceux avec les changements climatiques connaîtront une augmentation dans les mêmes proportions. Cependant, sur la période de 2030 à 2050, les cas de paludismes avec CC viennent en dessous des prévisions sans changements climatiques avec une variation très sensible à la baisse dans les deux dernières décennies certainement parce que les conditions de sécheresse prolongée seraient défavorable à la prolifération des vecteurs du paludisme.

Le constat dans *la province de Makamba* est que l'on observerait une augmentation très importante du nombre de cas de paludisme en présence des changements climatique dont les cas passeraient du simple au double. Bien que située dans la zone de dépression du Kumoso, l'évolution positive des températures et des précipitations favoriserait l'accroissement du paludisme avec CC. Les changements climatiques joueront ainsi un rôle très déterminant dans la multiplication des cas.

De façon générale, dans les zones de haute altitude, la température élevée, l'humidité et la pluviosité offrent des conditions favorables à la multiplication des moustiques, vecteurs du paludisme.

4.11. Impacts actuels et vulnérabilité future due aux changements climatiques

Nous reprenons dans le tableau ci-après les impacts actuels et la vulnérabilité future des différents secteurs socioéconomiques tels que relevés par les experts sectoriels.

Tableau n° 35 : Vulnérabilité actuelle et future des secteurs socioéconomiques

Secteur socioéconomique	Vulnérabilité actuelle	Vulnérabilité future
Secteur des ressources en eau	<p>Dérèglement dans le comportement des paramètres climatiques ;</p> <p>Augmentation de l'évaporation et de l'évapotranspiration,</p> <p>Réduction du couvert végétal,</p> <p>Inondation dans les bas-fonds</p> <p>Glissement de terrains et érosion sur les collines ;</p> <p>Destruction d'infrastructures socioéconomiques</p>	<p>Assèchement des lacs et des cours d'eau ;</p> <p>Disparition du couvert végétal et de la biodiversité</p> <p>Inondations de plus en plus fréquentes et plus fortes</p> <p>Problème accru de manque d'eau suite à l'allongement des saisons sèches</p> <p>Pollution des sources d'eau potable</p> <p>Pertes de plus en plus importantes d'infrastructures socioéconomiques</p>
Secteur de l'énergie	<p>Réduction et fluctuation intempestive de la production des centrales hydroélectriques</p> <p>Envasement des barrages et lacs de retenue</p> <p>Inondations des installations électriques</p> <p>Accroissement des feux de brousse et des feux de forêts</p> <p>Réduction des superficies boisées</p>	<p>Arrêt des centrales hydroélectriques par manque d'eau</p> <p>Difficultés accrues d'approvisionnement en électricité</p> <p>Réduction de la disponibilité des ressources énergétiques de base pour la population (bois, charbon de bois)</p>
Agriculture et élevage	<p>Perturbation des saisons culturales</p> <p>Réductions des rendements de production agricole vivrière</p> <p>Disparition de certaines espèces de cultures par prolongation de la saison sèche ;</p> <p>Prolifération des maladies des plantes et du bétail et des parasites du bétail;</p> <p>Accroissement des rendements de production de maïs, sorgho et du riz.</p> <p>Réduction de la production des cultures industrielles dont le café et le palmier à huile</p> <p>Pertes de cheptel bovin, ovin, caprin et volaille</p> <p>Réduction de la productivité du bétail (viande, lait, poissons)</p>	<p>Réduction de la disponibilité des ressources alimentaires</p> <p>Accroissement de l'insécurité alimentaire</p> <p>Réduction des revenus de la population ;</p> <p>Déséquilibre alimentaire accru chez l'homme conduisant à la malnutrition.</p>

<p>Les écosystèmes terrestres</p>	<p>Disparition de certaines espèces végétales</p> <p>Accroissement des feux de brousse et de forêts</p> <p>Dégradation des formations végétales dans les forêts claires avec pertes d'espèces</p> <p>Installation de déserts rocheux et prolifération des termitières</p> <p>Disparition progressive des bosquets de collines</p> <p>Désertification progressive de la plaine de l'Imbo et de la dépression de Bugesera</p>	<p>Disparition totale de certaines espèces végétales</p> <p>Réduction de la superficie des espaces boisés du pays</p> <p>Désertification totale de certaines régions du pays actuellement déjà vulnérables</p> <p>Augmentation de la pression sur les écosystèmes</p>
<p>Les écosystèmes humides</p>	<p>Inondation régulière du delta de la Ruzizi et du littoral du lac Tanganyika</p> <p>Retrait progressive des eaux en cas de sécheresse prolongée</p> <p>Risque élevé d'eutrophisation du lac Tanganyika par le développement des fleurs d'eau et de plantes flottantes</p> <p>Turbidité de l'eau du lac Tanganyika</p> <p>Réduction progressive du niveau d'eau dans les marécages et dans les lacs de la dépression du Nord pendant les sécheresses prolongées</p> <p>Possible relèvement de niveau de l'eau des marais avec l'intensification de la fréquence et de l'intensité des précipitations (Positif)</p>	<p>Amplification et destruction de la formation végétale du littoral du lac Tanganyika,</p> <p>Destruction de la faune et de la flore sur le littoral du lac Tanganyika et dans les marécages des dépressions de Bugesera et de Kumoso</p> <p>Réduction de la production du poisson et pertes de revenus de la population</p> <p>Abaissement du niveau de la nappe phréatique</p>
<p>Secteur des paysages</p>	<p>Amplification de l'érosion du sol</p> <p>Baisse des niveaux des lacs Cohoha, Rweru, RWIHINDA et Kanzigiri</p> <p>Accroissement probable du niveau du lac Tanganyika</p> <p>Inondations plus fréquentes et de grande ampleur dans les basses terres</p> <p>Accroissements plus fréquents du niveau des cours d'eaux suites aux précipitations extrêmes</p>	<p>Pertes de la fertilité et dégradation plus importante des sols</p> <p>Accroissement de l'insécurité alimentaire</p> <p>Destruction d'infrastructures socioéconomiques du littoral du lac Tanganyika</p>
<p>Secteur de la santé</p>	<p>Prolifération du paludisme dans les régions jusque là épargnées suite au relèvement des températures notamment dans les zones de haute altitude</p> <p>Risque d'épidémie (malaria, maladies diarrhéiques et respiratoires)</p>	<p>Taux de mortalité plus élevé</p> <p>Dépenses de santé de plus en plus importantes</p> <p>Problème global de santé publique</p>

CHAPITRE 5 : STRATEGIE NATIONALE D'ADAPTATION ET PLAN D' ACTIONS

5.1. Introduction

Les principaux objectifs des études sectorielles de vulnérabilité et d'adaptation aux changements climatiques étaient de :

- Contribuer à l'élaboration de la Seconde Communication Nationale du Burundi sur les changements climatiques par la réalisation des études d'évaluation de la vulnérabilité et d'adaptation dans les différents secteurs socio-économiques ;
- Identifier les stratégies et les mesures d'adaptation aux changements climatiques pour chaque secteur et les intégrer dans les politiques sectorielles et dans la politique nationale de développement économique et de lutte contre la pauvreté.

Pour que la planification et la mise en œuvre de l'adaptation soient efficaces, il est nécessaire de disposer d'une bonne évaluation de la vulnérabilité des écosystèmes à la variabilité actuelle du climat, des effets des changements climatiques déjà constatés à ce jour, de connaître les impacts auxquels il faudrait s'attendre dans le futur ainsi que la capacité d'adaptation des cibles concernés aux changements climatiques³⁷. L'évaluation de la vulnérabilité devrait normalement inclure des aspects géophysiques, politiques, sociaux et culturels et tenir compte de la spécificité de chaque région du pays.

L'élaboration d'une stratégie nationale et d'un plan d'action d'adaptation aux changements climatiques vise à appuyer le Gouvernement du Burundi dans ses efforts pour atteindre une gestion durable, globale et rationnelle des ressources naturelles, de développement durable du pays, de lutte contre la pauvreté et de réduction des catastrophes naturelles.

La stratégie d'adaptation devra dans ces conditions contribuer à la réalisation des objectifs de développement économique du Burundi inscrits dans le Cadre Stratégique Intérimaire de croissance économique et de lutte contre la pauvreté (CSLP-Complet) publié en mars 2006.

La stratégie d'adaptation devra également contribuer aux objectifs spécifiques du développement du pays dont notamment de :

- Poursuivre le développement socioéconomique du pays ;
- Contribuer à la réduction de la pauvreté ;
- Compléter les mesures de réduction des catastrophes naturelles.

La présente note porte sur la stratégie nationale d'adaptation du Burundi aux changements climatiques. Elle comprend la justification et le contexte de l'adaptation, les objectifs, les composantes et les activités identifiées et présente le cadre logique de l'adaptation, le plan d'actions y relatif ainsi que les modalités de mise en œuvre de cette stratégie nationale d'adaptation.

³⁷ UICN, Déclaration de position : L'adaptation aux changements climatiques, COP14, Poznan, Pologne.1-12 Décembre 2008.

La stratégie nationale d'adaptation ne vient pas remplacer le Plan d'Actions National d'Adaptation (PANA) ; elle a été conçue pour le compléter et pour l'élargir de façon à couvrir les actions à court terme et les actions à long terme.

5.2. Contexte de l'adaptation

Le Burundi est vulnérable à la variabilité et au changement climatique en ce sens que les systèmes naturels et les systèmes socioéconomiques du pays seront affectés par les conséquences préjudiciables liées aux changements climatiques, telles que les inondations et les sécheresses chroniques. Ces systèmes font déjà l'objet d'une pression importante consécutive à la démographie galopante et aux changements intervenus dans l'utilisation des terres.

Les modifications de la fréquence et de l'intensité des précipitations dans l'espace et dans le temps ainsi que le relèvement général des températures auront des conséquences néfastes qui vont se traduire par une plus grande vulnérabilité des systèmes naturels et humains déjà fragilisés par la pression de l'homme. Les impacts futurs identifiés sont synthétisés ci-après :

- La hausse des températures et le changement du régime des précipitations vont entraîner des pertes d'espèces végétales et animales particulièrement dans les zones humides de la dépression de Bugesera et de la Malagarazi, dans le delta de la rivière Ruzizi et sur le littoral du lac Tanganyika.
- Des inondations de plus en plus importantes pourraient être enregistrées dans les dépressions de l'Imbo suite aux précipitations abondantes en une courte durée prévues dans la région de MUMIRWA entraînant des destructions d'infrastructures socioéconomiques et des pertes en vie humaine.
- L'agriculture et l'élevage pourraient être de plus en plus confrontés à des baisses de rendement de production suite aux retards enregistrés dans la période de semi et à la réduction de la durée des précipitations et à l'allongement des périodes de sécheresses entraînant une mauvaise productivité végétale.
- De même, la production de la pêche dans le lac Tanganyika et dans les lacs intérieurs aura une tendance marquée à la baisse suite à la détérioration générale du climat qui va entraîner une prolifération de plantes aquatiques flottantes (jacinthe d'eau notamment) à cause de la réduction de la vitesse d'écoulement de l'eau de surface, du changement de la température et de la détérioration de la qualité de l'eau.
- Les écosystèmes terrestres forestiers du pays enregistreront des rendements de plus en plus faibles en raison des sécheresses plus fréquentes et plus prolongées et des risques plus accrus de feux de brousse et de forêts.
- Le risque de catastrophes naturelles, de pertes d'écosystèmes, d'habitats et d'espèces végétales et animales pourrait augmenter davantage avec l'accroissement présumé des températures dans les dépressions de l'Imbo, du Bugesera et du Kumoso ainsi que dans les régions montagneuses de MUMIRWA et du Mugamba.

- Les ressources en eau seront exposées à une réduction de la quantité disponible de l'eau de surface à cause de la baisse des débits des rivières. De même, la superficie des zones humides naturelles sera de plus en plus réduite et une baisse du niveau des nappes phréatiques sera enregistrée suite à une recharge insuffisante ; certaines sources pourraient tarir et le risque de pollution des eaux sera plus grand entraînant des problèmes d'eau potable dans certaines régions..
- La production hydroélectrique devrait être affectée négativement par la modification du régime des précipitations, la sécheresse prolongée et par l'envasement des lacs de retenue des barrages suite à l'aggravation du phénomène d'érosion des sols.
- Le secteur de la santé sera de plus en plus vulnérable par la prolifération des maladies diarrhéiques et respiratoires ainsi que par la diffusion du paludisme suite à de meilleures conditions de températures et de précipitations.

5.3. La justification de l'adaptation

A la lumière de cette situation, il est nécessaire et urgent de sensibiliser les décideurs et le public sur les défis climatiques majeurs auxquels le Burundi est confronté et d'entreprendre, au plus tôt, des mesures appropriées en vue de renforcer la capacité du pays à faire face aux impacts prévisibles de la variabilité et du changement climatique. Les impacts dévastateurs des extrêmes climatiques que le Burundi a connu au cours des deux dernières décennies sont principalement associés à la sécheresse prolongée, aux pluies diluviennes et aux inondations. Cette situation montre à quel point le Burundi est vulnérable et interpelle tous les partenaires en vue d'une action concertée pour y faire face.

La stratégie d'adaptation aux conséquences des changements climatiques vise³⁸ à protéger les personnes et les biens en agissant pour la sécurité et la santé publique, limiter les coûts et tirer parti des avantages, préserver le patrimoine naturel, faire face aux besoins et aux préoccupations urgentes et immédiates du Burundi afin de s'adapter aux effets néfastes des variations et des changements climatiques, à protéger l'environnement et à garantir le développement durable.

L'adaptation concerne la mise en œuvre de politiques, de nouvelles pratiques et des projets susceptibles de limiter, de réduire les conséquences néfastes des changements climatiques et de profiter des conséquences positives, quand il y a lieu. Pour le cas du Burundi, les opportunités potentielles créées par les changements climatiques semblent très faibles ou plutôt inexistantes.

Le Burundi se prépare, certes, aux conséquences néfastes des changements climatiques notamment à travers différentes initiatives entreprises en vue de faire face à la sécheresse survenue dans la région du Bugesera au Nord Est du pays, la soumission à la conférence des parties à la CCNUCC de la Première Communication Nationale en 2001, la préparation de la Seconde Communication Nationale sur les changements climatiques ainsi que l'élaboration d'un Plan d'Actions National d'Adaptation (PANA). Dans ce cadre, des travaux importants de collecte et d'analyse des données sur l'évolution du climat et sur la vulnérabilité sectoriel

³⁸ France/Mission Interministérielle de l'effet de serre, Bilan 2007 des changements climatiques : Conséquences, adaptation et vulnérabilité, 8^{ème} Session du Groupe de Travail II du GIEC, 2-6 avril 2007, Bruxelles

ont été entrepris pour renforcer la capacité d'adaptation aux impacts prévus ; mais ceux-ci ne suffisent pas encore pour réduire la vulnérabilité face à la variabilité et au changement climatique.

C'est la raison pour laquelle, les mesures d'adaptation proposées doivent s'inscrire dans une stratégie nationale d'adaptation pour permettre de faire réellement face aux changements climatiques et pour être techniquement, économiquement, politiquement et financièrement faisable.

5.4. Buts et objectifs de la stratégie

5.4.1. Objectif général de la stratégie

L'objectif général de la stratégie nationale d'adaptation est de renforcer la capacité du Burundi à faire face aux impacts néfastes de la variabilité et du changement climatique dans les secteurs socioéconomiques les plus vulnérables tout en assurant le développement durable de sa population.

5.4.2. Objectifs stratégiques

Pour faire face aux impacts négatifs des changements climatiques, le gouvernement du Burundi devrait structurer son plan d'adaptation autour des objectifs stratégiques suivants :

Objectif stratégique n°1 : Renforcer le cadre institutionnel chargé des questions environnementales dans les programmes sectoriels.

Objectif stratégique n° 2 : Assurer une meilleure connaissance et le partage de l'information sur les aspects scientifiques, techniques et économiques des impacts, de la vulnérabilité et de l'adaptation au changement climatique

Objectif stratégique n° 3 : Intégrer les changements climatiques dans la politique nationale de développement économique et de lutte contre la pauvreté. Il s'agira de favoriser une approche participative et synergique impliquant tous les acteurs ainsi que les autres programmes tant nationaux que régionaux.

Objectif stratégique n°4 : Elaborer et exécuter des mesures spécifiques d'adaptation dans les secteurs les plus vulnérables comme les ressources en eau, l'énergie, l'agriculture et l'élevage, les écosystèmes humides et les écosystèmes terrestres, les paysages et le secteur de la santé.

5.5. Composantes et activités

5.5.1. Renforcement du cadre institutionnel

Il s'agit ici de mettre en place un cadre institutionnel qui permettra une bonne réalisation de la stratégie nationale d'adaptation et l'implication de tous les partenaires concernés dans la mise en œuvre et dans le financement des projets d'adaptation. Il sera nécessaire de disposer de points focaux au sein des Ministères techniques chargés de la gestion des ressources naturelles (ressources en eau, forêts, énergie, agriculture/élevage et pêche, écosystèmes et

paysages, etc) et de la gestion générale des affaires de l'Etat (Finances et Economie, Affaires Etrangères, etc.) pour assurer le suivi des projets d'adaptation au niveau sectoriel. Ceux-ci devraient travailler en synergie avec la Direction de l'Environnement du Ministère de l'Eau, de l'Environnement, de l'Aménagement du Territoire et de l'Urbanisme.

Pour ce faire, il faudra notamment :

- Renforcer les ministères techniques concernés dans l'évaluation de la vulnérabilité, des projets d'adaptation et dans le suivi de leur mise en oeuvre;
- Créer une structure de coordination des actions d'adaptation au sein du Ministère chargé de l'environnement et des 'Points Focaux' dans les ministères techniques concernés ;
- Améliorer la formation, l'information et la communication sur les changements climatiques.
- Renforcer le rôle de la femme dans la mise en œuvre des mesures d'adaptation.
- Promouvoir la bonne gouvernance de l'adaptation aux changements climatiques par l'implication et la participation de toutes les parties prenantes, les communautés à la base, la société civile.
- Mettre en place un Fonds National d'Adaptation aux changements climatiques.

5.5.2. Connaissance et partage de l'information

Avec la préparation de la 2^{ème} Communication Nationale sur les changements climatiques, des réflexions tenant compte des données actuelles ont été réalisées et des actions appropriées sont entrain d'être menées. Cependant, plusieurs des analyses effectuées sont encore d'ordre qualitatif et les méthodes de prévision des paramètres du climat et des impacts ne sont pas encore suffisamment harmonisées. La réponse à cette préoccupation réside dans l'amélioration des connaissances sur les changements climatiques et dans le partage de l'information.

L'axe stratégique sur l'amélioration des connaissances et le partage de l'information aura pour toile de fond de :

- Avoir une meilleure connaissance au niveau qualitatif et quantitatif de l'évolution du climat et de ses impacts sur les secteurs socio-économiques.
- Disposer de meilleures prévisions des paramètres climatiques à moyen et à long terme.
- Evaluer quantitativement la vulnérabilité face aux changements climatiques et les bénéfices résultant des actions d'adaptation y relatives.

Les actions à réaliser dans ce cadre sont notamment de :

- Renforcer les institutions chargées de la recherche appliquée dans le domaine de l'environnement et des changements climatiques en les dotant de moyens techniques, humains et financiers nécessaires à la réalisation des évaluations de la vulnérabilité.
- Créer des comités d'études sectorielles sur la vulnérabilité et l'adaptation aux changements climatiques.
- Renforcer la sensibilisation et l'éducation des populations, des décideurs et des autres partenaires sur les effets néfastes des changements climatiques ;

- Développer des programmes d'information et de formation visant à renforcer les capacités locales des parties prenantes pour une contribution plus efficace au processus d'élaboration et de mise en œuvre des projets d'adaptation.
- Renforcer la capacité du pays à évaluer les impacts et la vulnérabilité par la formation des cadres des institutions concernées sur les techniques d'évaluation de la vulnérabilité au changement climatique
- Mettre en œuvre des projets visant un transfert de technologie et permettant une adaptation des actions au contexte des changements climatiques.
- Intégrer dans les curricula des universités et des instituts techniques des cours relatifs au changement climatique et à l'étude de leurs impacts et des programmes de recherche appropriés ;
- Mettre les résultats des recherches à la disposition des décideurs et du public.
- Appuyer la collaboration entre chercheurs et centres de recherche sur les ressources naturelles (eau, énergie, infrastructures, faune et flore) et le climat dans la conduite d'activités communes.
- Elaborer un programme de surveillance continu des écosystèmes et d'enregistrement des données dans des banques de données
- Disponibiliser des outils performants de collecte des données (GPS, SIG)
- Mettre en place des mécanismes de coopération régionale en vue d'une gestion intégrée des eaux partagées

5.5.3. Intégration des changements climatiques dans la politique nationale

Il est important de réaliser des études et élaborer des stratégies pour se doter d'outils permettant de s'adapter aux effets néfastes des changements climatiques. Toutefois, ce qui est essentiel et primordial aujourd'hui, c'est une prise de conscience politique des enjeux socio-économiques liés aux changements climatiques³⁹. Il s'agit d'intégrer au niveau des choix politiques et économiques la dimension du changement climatique avec ses impacts à moyen et long terme. Toutes les politiques globales et sectorielles doivent être concernées pour établir « un lien direct et clair » entre le changement climatique et le développement économique.

Il s'agira d'intégrer dans la loi nationale, dans les différentes politiques sectorielles et projets de développement, la vulnérabilité aux changements climatiques, les stratégies et les actions d'adaptation pour y faire face. Des synergies sont en effet préconisées par la Convention Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques entre les stratégies de développement durable et les stratégies d'adaptation aux changements climatiques de façon à en retirer des avantages sur le plan économique, social et environnemental. A cet effet, les changements climatiques devraient être pris en compte dans les stratégies d'intervention des organismes de coopération et des organisations non gouvernementales agissant sur terrain.

Afin de faciliter l'intégration de l'adaptation aux changements climatiques dans les stratégies et les plans de développement du pays, les actions suivantes devraient être prises :

³⁹ IIDD : Institut International pour le Développement Durable, Vulnérabilité des pays du Maghreb face aux changements climatiques : Besoins réels et urgents d'une stratégie d'adaptation et des moyens pour sa prise en œuvre, 2003.

- Améliorer les connaissances sur les communautés et les zones les plus vulnérables, en vue de promouvoir les modèles de climat, les systèmes de détection précoce à de plus petites échelles, d'intégrer le changement climatique dans les programmes de sensibilisation ;
- Promouvoir les meilleures pratiques et les technologies propres d'adaptation.
- Définir une stratégie et une politique appropriée pour la gestion de l'adaptation dans les différents secteurs socioéconomiques
- Intégrer l'adaptation aux changements climatiques dans les objectifs de développement du gouvernement. Le Programme Stratégique de Lutte contre la pauvreté, les plans de développement agricole et de l'élevage, la politique énergétique, le plan directeur de l'eau, le code de l'environnement, le code forestier sont des instruments qui ont été mis en place pour garantir le développement durable du pays. Ces outils devraient avoir à chaque fois une interface avec la variabilité et le changement climatique.
- S'assurer que les organismes de financement, les fonds internationaux de coopération au développement, les ONG incluent l'adaptation aux changements climatiques dans leurs stratégies d'intervention au niveau local et national.
- Elaborer et exécuter un plan de prévention et de gestion du risque climatique, procéder régulièrement à son actualisation et l'intégrer dans le programme de gestion et de prévention des catastrophes naturels.

De cette façon, la communauté internationale pourrait s'engager à aider davantage le pays qui est classé parmi les moins avancés et donc les plus vulnérables aux changements climatiques.

5.5.4. Elaboration et exécution de mesures spécifiques d'adaptation dans les secteurs les plus vulnérables

La mise en œuvre des actions d'adaptation identifiées dans le cadre des PANA constitue une des priorités dans l'exécution des mesures d'adaptation dans les secteurs les plus vulnérables. Comme mentionné dans le Plan de Tunis⁴⁰, l'élaboration des PANA est un domaine où la solidarité internationale pourrait jouer un rôle important notamment à travers l'assistance technique et l'échange d'expériences. Cela signifie que les programmes PANA ne sont pas une fin en eux-mêmes. Leur intérêt n'apparaît que si ces programmes sont suivis d'actions permettant de satisfaire les besoins identifiés.

Le Burundi se doit de mettre en œuvre son Plan d'Action National d'Adaptation aux changements climatiques en mettant en œuvre tous les projets identifiés qui ont été soumis à l'analyse multicritère en préparant des projets de développement y relatifs à financer sur le budget national et à soumettre à la coopération bilatérale et multilatérale ainsi qu'aux

⁴⁰ Plan d'action de Tunis pour l'adaptation aux changements climatiques dans la Région méditerranéenne, publié in « **Solidarité Internationale pour des stratégies face aux changements climatiques dans les régions africaine et méditerranéenne** », TUNIS, 18 – 20 NOVEMBRE 2007.

organismes spécifiques dédiés à l'Adaptation pour assurer une mise en oeuvre rapide des actions préconisées.

Il y aura alors lieu d'assurer une meilleure préparation de ces projets et de rechercher les financements pour leur mise en œuvre et de mettre en place des équipes de suivi qui devront présenter des rapports sur l'état d'avancement de l'exécution des projets d'adaptation à l'autorité chargée de la coordination de l'adaptation.

L'adaptation aux changements climatiques dans les secteurs les plus vulnérables devrait conduire à (i) l'amélioration du système de l'agriculture et au renforcement de la sécurité alimentaire ; (ii) la gestion rationnelle des ressources en eau ; (iii) la protection des écosystèmes terrestres et humide et de leur biodiversité ; (iv) l'amélioration de la sécurité d'approvisionnement en énergie hydroélectrique et la promotion des énergies nouvelles et renouvelables dont l'énergie solaire en particulier; (v) une meilleure protection des paysages et des sols et (vi) le renforcement du système de santé pour une meilleure prise en charge des victimes des catastrophes liées aux changements climatiques.

Toutes les actions d'adaptation qui ont été identifiées dans le PANA et dans les études de vulnérabilité et d'adaptation aux changements climatiques ont été synthétisées dans un cadre logique de la stratégie nationale d'adaptation et dans le plan d'actions qui sont présentés ci-dessous. Le plan d'actions contient plusieurs idées de projets qui devront au préalable faire l'objet d'une préparation plus approfondie avant leur mise en œuvre.

5.6. Cadre logique de la stratégie nationale d'adaptation

Logique d'intervention	Indicateurs objectivement vérifiables	Sources et moyens de vérification	Hypothèses
Objectif général			
L'objectif général de la stratégie nationale d'adaptation est de renforcer la capacité du Burundi à faire face aux impacts néfastes de la variabilité et du changement climatique dans les secteurs socioéconomiques les plus vulnérables tout en assurant le développement durable de sa population.			<i>Stabilité politique</i>
Objectifs Stratégiques			<i>Engagement politique à mettre en œuvre la stratégie</i>
1. Renforcer le cadre institutionnel chargé des questions environnementales dans les programmes sectoriels			
2. Assurer une meilleure connaissance et le partage de l'information sur les aspects scientifiques, techniques et économiques des impacts, de la vulnérabilité et de l'adaptation au changement climatique			
3. Intégrer les changements climatiques dans la politique nationale de développement économique et de lutte contre la pauvreté. Il s'agira de favoriser une approche participative et synergique impliquant tous les acteurs ainsi que les autres programmes nationaux.			
4. Elaborer et exécuter des mesures spécifiques d'adaptation dans les secteurs les plus vulnérables comme les ressources en eau, l'énergie, l'agriculture et l'élevage, les écosystèmes humides et les écosystèmes terrestres, les paysages et le secteur de la santé.			
Résultats attendus			
1-Renforcement des capacités institutionnelles des intervenants dans les changements climatiques			
1.1- Création d'une structure 'Point Focal' dans les ministères techniques concernés	<i>Points focaux mis en place</i>	<i>Lettre de nomination</i>	
1.2- Renforcement de la participation de toutes les parties prenantes	<i>Nombre de réunions tenues</i>	<i>PV des réunions</i>	
1.3- Amélioration de la formation, l'information et la communication	<i>Nbre formations organisées ; existence de plans de formation et de communication</i>	<i>Descriptifs et Rapports de formation et de communication</i>	
1.4. Mettre en place un Fonds d'adaptation			
2- Amélioration des connaissances et partage de l'information			
2.1. Meilleure connaissance du climat et de ses impacts sur les secteurs socio-économiques	<i>Banque de données, programmes de recherche</i>		
2.2. Meilleures prévisions des paramètres climatiques à moyen et à long terme	<i>Prévisions du climat</i>		
2.2. Bonne évaluation qualitative et quantitative de la vulnérabilité et de l'adaptation	<i>Etudes faites</i>		
2.4. Renforcement des échanges et de la coopération régionale sur les changements climatiques	<i>Cadres de collaboration et d'échanges établis</i>		
3- Intégration des changements climatiques dans la politique nationale de développement			
3.1. Prise de conscience politique des enjeux liés aux changements climatiques	<i>Nombre de réunions tenues</i>	<i>PV des réunions</i>	
3.2. Intégration des CC dans les politiques sectorielles et dans les projets de développement	<i>Secteurs concernés</i>	<i>Document stratégiques</i>	
3.3. Prise en compte des CC dans les stratégies d'intervention des organismes de coopération et des ONG	<i>Nombre de projets concernés</i>	<i>Documnet de projet</i>	
4- Elaboration et exécution de mesures spécifiques d'adaptation dans les secteurs les plus vulnérables			
4.1. Amélioration du système de l'agriculture et renforcement de la sécurité alimentaire	<i>Nombres de projets en cours</i>	<i>Rapports d'exécution</i>	
4.2. Gestion rationnelle et intégrée des ressources en eau	<i>Nombres de projets en cours</i>	<i>Rapports d'exécution</i>	
4.3. Amélioration de la sécurité d'approvisionnement en énergie hydroélectrique et	<i>Nombres de projets en cours</i>	<i>Rapports d'exécution</i>	
4.4. Intensification de l'installation d'équipements d'énergie solaire	<i>Nombre de kW Installés</i>	<i>Centres desservis ; Rapports d'installation</i>	<i>Soutien à la promotion des énergies nouvelles</i>
4.5. Protection des écosystèmes terrestres et humides et de leur biodiversité	<i>Nombres de projets en cours</i>	<i>Rapports d'exécution</i>	
4.6. Une meilleure protection des paysages et des sols	<i>Nombres de projets en cours</i>	<i>Rapports d'exécution</i>	
4.7. Renforcement du système de santé dans la prévention et la gestion des catastrophes	<i>Séminaires et formations réalisés</i>	<i>PV séminaires/formation</i>	

5.7. Plan d'action de l'adaptation

Objectifs spécifiques	Activités à réaliser	Indicateur de performance	Intervenants	Calendrier	Coût (USD)
1. Renforcement des capacités institutionnelles	11. Mettre en place une structure de coordination et des points focaux dans les ministères techniques concernés par les changements climatiques	Structure mise en place et fonctionnelle	MEEATU et MINISTÈRES TECHNIQUES	2011	950.000
	12. Améliorer la formation, l'information et la participation de toutes les parties prenantes	Nombre de rencontres et de formations organisées	MEEATU	2010-2020	600.000
	13. Rechercher les financements pour le renforcement des ministères techniques et les institutions dédiées aux CC	Financements obtenus et accordés	MEEATU	2010-2015	300.000
	14. Mettre en place un Fonds National d'Adaptation aux changements climatiques	Fonds fonctionnel	MEEATU	2010-2011	200.000
	15. Renforcer les capacités de l'IGEBU dans l'évaluation et la gestion intégrée des ressources en eau	Programme d'actions et moyens alloués	MEEATU IGEBU	2010-2015	750.000
	16. Renforcer les institutions chargées de la recherche appliquée en rapport avec la biodiversité, les changements climatiques, la gestion durable des terres et l'énergie	Programme de renforcement des capacités	MEEATU et Min Enseig Sup et de la Recherche scientifique	2011-2013	600.000
	17. Assurer un appui aux capacités d'adaptation aux changements climatiques dans le secteur de l'énergie	Programme d'actions et Budget accordé	Ministère de l'Energie et des Mines (MEM)	2011-2012	520.000
2. Amélioration des connaissances et partage de l'information	21. Améliorer les prévisions climatiques saisonnières pour l'alerte rapide	Nouvelles prévisions saisonnières	IGEBU	2011-2013	500.000
	22. Réhabiliter et densifier le réseau hydrométéorologique national	Les stations réhabilitées et les stations nouvelles	MEEATU IGEBU	2012-2016	500.000
	23. Renforcer la conscience environnementale collective	Niveau de communication public sur les CC	MEEATU	2012-2013	300.000
	24. Promouvoir l'éducation, la sensibilisation et mobilisation de l'information pour le suivi de l'état de l'environnement	Les modules de formation en place	MEEATU MININTER, ONG INECN	2011-2013	720.000
3. Intégration des changements climatiques dans la politique nationale de développement	31. Définir une stratégie politique pour la gestion de l'adaptation aux changements climatiques dans les différents secteurs	Note de Stratégie	GOUVERN. MEEATU	2012-2013	200.000
	32. Intégrer l'adaptation dans les objectifs du Gouvernement du Burundi	Lettre de politique environnementale ;	GOUVERN. MEEATU	2013	100.000

		Politiques révisées			
	33. Veiller à l'intégration de l'adaptation dans les stratégies d'intervention sur terrain des organismes internationaux et des ONG.	Guide d'intervention des ONG et des organismes internationaux sur l'adaptation ; Stratégies révisées	GOUVERN. MEEATU	2014	100.000
	34. Elaborer et exécuter un plan de prévention et de gestion des catastrophes.	Plan de prévention et de gestion	GOUVERN. MEEATU	2012	250.000
4. Amélioration du système de gestion du secteur de l'agriculture et renforcement de la sécurité alimentaire	41. Intégrer un système agro-sylvo-zootechnique pour assurer la sécurité alimentaire	Effectifs importés, nombre de ménages servis.	MINAGRI	2012-2017	2.000.000
	42. Vulgariser les cultures vivrières, maraîchères et industrielles à cycle court et résistantes à la sécheresse	Nombres d'espèces domestiquées	MINAGRI MEEATU	2012-2014	294.000
	43. Pratiquer l'Élevage par stabulation permanente	Taux d'accroissement des espèces en stabulation	MINAGRI	2011-2015	300.000
	44. Développer et vulgariser les techniques appropriées et accessibles de transformation et de conservation des produits agricoles	Techniques localement adoptées ; Unités Pilotes	MINAGRI CNTA	2012-2017	500.000
5. Promotion de la gestion intégrée des ressources en eau	51. Capturer et valoriser les eaux de pluie	Nombres de systèmes installés	DPAE, IGEBU, MEM	2011-2017	1.000.000
	52. Procéder à l'aménagement intégral des bassins versants pour la conservation des eaux et des sols.	Superficies et Bassins aménagés	MEEATU	2011-2015	500.000
6. Renforcement de la sécurité d'approvisionnement en énergie	61. Multiplier les microcentrales hydroélectriques	Nombre de microcentrales construites	MEM	2011-2017	6.000.000
	62. Promouvoir les équipements d'énergie solaire	Nombre de kW installés	MEM, MINITER, MINESUP	2012-2020	20.000.000
	63. Diversifier les sources de production d'électricité	Nombres de sources d'électricité	MEM	2011-2020	33.000.000
	64. Renforcer les capacités dans la promotion des techniques permettant l'économie de l'énergie-bois	Stratégie de promotion ; Nombre de Foyers améliorés diffusés.	MEEATU MEM	2011-2013	700.000
7. Protection des écosystèmes terrestres et humides ainsi que leur biodiversité	71. Réhabiliter les milieux dégradés	Nombre de hectares de zones dégradées réhabilités	Dép. Forêts/ MEEATU	2010-2013	500.000
	72. Préserver les milieux naturels	Plan de préservation	INECN	2011-2014	300.000
	73. Assurer la gestion conservatoire des ressources biologiques dans la plaine inondable du delta de la Rusizi	Loi de protection des marais et des zones humides	MEEATU INECN	2012-2015	1.300.000

8. Protection des paysages et des sols	81. Assurer l'aménagement et la gestion intégrée du littoral inondable du lac Tanganyika	Plan d'aménagement du Littoral.	MEEATU	2011-2012	2.300.000
	82. Stabiliser la dynamique fluviale des cours d'eau et des torrents dans les MUMIRWA y compris la ville de Bujumbura	Plan de stabilisation	MEEATU MINITPE	2011-2014	2.000.000
	83. Mettre en place un Programme de lutte contre l'érosion dans la région de MUMIRWA	Dispositifs mis en place	MEEATU MINITPE MINAGRIE	2011-2014	600.000
9. Renforcement du système de santé dans la prévention et la gestion des catastrophes	91. Promouvoir la santé environnementale et la latrine écologique (ECOSAN)	Projet Pilote	MINISANTE	2012-2017	1.600.000
	92. Renforcer les capacités pour la prévention et la gestion des catastrophes et des urgences liées aux changements climatiques	Plan de renforcement des capacités	MINISANTE	2010-2013	300.000
	93. Améliorer les systèmes de détection précoce des catastrophes	Plan d'alerte rapide	MINISANTE	2012-2013	300.000
TOTAL					79.084.000

5.8. Modalités de mise en œuvre

La mise en œuvre de la stratégie d'adaptation demande des efforts combinés de la part des institutions impliquées directement dans la gestion de l'environnement et du changement climatique, des autorités politiques et de la communauté internationale. La Communauté Internationale doit en effet intervenir dans la mise en œuvre des actions d'adaptation pour permettre aux pays les plus vulnérables de mener à bien leurs stratégies d'adaptation aux changements climatiques en vertu du principe de solidarité internationale édicté par l'article 4.4 de la Convention Cadre des Nations Unies sur les Changements climatiques qui stipule clairement que "Les pays développés parties et les autres Parties développées figurant à l'annexe II aident également les pays en développement parties particulièrement vulnérables aux effets néfastes du changement climatique à faire face au coût de leur adaptation aux dits effets".

La mise en œuvre de la stratégie nationale d'adaptation offre une importante opportunité pour le renforcement de la solidarité internationale, l'échange d'expérience et l'assistance mutuelle. Les activités inscrites au plan d'actions associé à cette stratégie peuvent être mises en œuvre dans le cadre de projets de coopération bilatérale entre les pays du Nord et du Sud, la collaboration Sud-Sud et la coopération avec les agences multilatérales de financement au développement.

Une attention particulière devra cependant être portée aux mesures urgentes d'adaptation qui ont été identifiées dans le document PANA en sachant que l'adaptation aux changements climatiques est étroitement associée au développement.

Les institutions chargées de l'environnement et des changements climatiques devront jouer un rôle de catalyseur et de coordination dans la mise en œuvre de la stratégie nationale d'adaptation. La collaboration avec les organismes sectoriels chargés de la gestion des ressources naturelles devra être totale pour garantir la bonne exécution des actions d'adaptation et l'internalisation des avantages y relatifs. Cette collaboration sera renforcée par la mise en place de points focaux au niveau des ministères techniques et la création d'une structure de coordination de l'adaptation au sein du Ministère de l'Eau, de l'Aménagement du Territoire, de l'Environnement et de l'Urbanisme. Le rôle des points focaux sera d'assurer la planification des mesures d'adaptation, leur intégration dans la politique sectorielle et le suivi de la mise en œuvre des mesures d'adaptation.

Pour le financement des programmes d'adaptation aux changements climatiques, il sera nécessaire de :

- Adopter une approche écosystémique⁴¹ qui contribue à aider les communautés qui sont les plus vulnérables à s'adapter aux changements climatiques en renforçant leur résilience, en améliorant leur capacité d'adaptation et en générant des avantages économiques.
- Exploiter au mieux les mécanismes de financement mis en place dans le cadre de la Convention Cadre des Nations Unies sur les changements climatique et du protocole

⁴¹ Plan d'action de Tunis pour l'adaptation aux changements climatiques dans la Région méditerranéenne, publié in « Solidarité Internationale pour des stratégies face aux changements climatiques dans les régions africaine et méditerranéenne », TUNIS, 18 – 20 NOVEMBRE 2007.

de Kyoto, dont notamment le Fonds pour l'Environnement Mondial (FEM ou GEF-Global Environmental Facility) et le Mécanisme de Développement Propre (MDP).

- Explorer d'autres sources alternatives de financement pour les projets d'atténuation des impacts du changement climatique.
- Maîtriser davantage les conditions d'accès aux ressources de financements du FEM et les conditions de recevabilité et d'approbation des projets par le FEM et par les autres bailleurs de fonds ;

De même, il faudra veiller au renforcement des capacités des cadres et des techniciens par la formation étant entendu que celle-ci devra se faire en privilégiant la constitution de groupes sectoriels de travail et la mise en place de réseaux de chercheurs et de spécialistes capables de réaliser la planification des actions d'adaptation, l'évaluation de leurs avantages respectifs et des coûts de mise en œuvre.

Enfin, comme les impacts des changements climatiques touchent également des ressources naturelles partagées avec les pays voisins comme l'eau, l'énergie et qu'il existe déjà des programmes communs visant à unir les efforts des pays de la CEPGL dans la promotion de certains secteurs de production pour lesquels les pays partagent les problèmes (agriculture, énergie, infrastructures), il est utile d'encourager les Etats à promouvoir également des programmes communs de recherche et de mise en œuvre des actions d'adaptation dans les secteurs concernés.

5.9. Financement de la stratégie

Le coût global du plan d'adaptation est évalué à **79.084.000 dollars américains** dont un montant de 7.294.000 US\$ est nécessaire pour la réalisation du programme prioritaire PANA. Le financement de ce programme devrait être réalisé dans le cadre de la solidarité nationale et internationale sur l'adaptation aux changements climatiques.

CHAPITRE 6 : CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS

Dans la réalisation de cette synthèse des études de vulnérabilité et d'adaptation, nous avons tenu à respecter le contenu de toute étude de vulnérabilité et d'adaptation aux changements climatiques tel que fixé par les guides techniques de la Convention Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques.

L'analyse des secteurs concernés par les études sectorielles de vulnérabilité et d'adaptation aura été menée dans différents secteurs socioéconomiques, à savoir : (i) le secteur des ressources en eau ; (ii) le secteur de l'agriculture et de l'élevage; (iii) le secteur de l'énergie ; (iv) le secteur des paysages, (v) le secteur des écosystèmes naturels et (vi) le secteur de la santé. Celle-ci a commencé par le développement des données d'évolution des précipitations et des températures pour arriver à l'établissement d'une situation de base climatique. L'évolution de ces paramètres climatiques a été faite sur des données météorologiques collectées dans les stations de Bujumbura-Aéroport, de Musasa, de Gisozi et de Kirundo.

Les situations de base ont été également établies dans les différents secteurs d'analyse en veillant à établir le lien entre l'évolution du secteur socioéconomique considéré et l'évolution des paramètres climatiques de précipitations et des températures. Ces analyses ont permis à chaque fois d'établir la corrélation existante entre l'évolution sectorielle et l'évolution des paramètres climatiques. Ce fut également l'occasion d'évaluer la vulnérabilité passée des secteurs socioéconomiques par rapport à la variabilité du climat et aux manifestations et événements climatiques extrêmes et de déterminer les principaux facteurs de vulnérabilité des systèmes naturels et humains.

Les résultats de l'analyse des impacts actuels du climat et des événements extrêmes en particulier indiquent déjà que le Burundi est vulnérable à la variabilité climatique actuelle et que des efforts doivent être consentis pour faire face aux impacts des changements climatiques qui sont appelées à s'intensifier si des mesures efficaces ne sont pas mis en œuvre dès maintenant.

Partant de l'évolution des tendances des précipitations et des températures en absence et en présence des changements climatiques, des projections des paramètres climatiques ont été faites à l'horizon 2050 en utilisant le modèle MAGICC/SCENGEN de génération de scénarios climatiques. Les tendances des secteurs ont été élaborées avec des méthodes diversifiées relevant du jugement de l'expert, de la modélisation mathématique, des enquêtes sur terrain et de l'analogie.

L'augmentation de la température moyenne annuelle à l'horizon 2050 varierait entre 0,5°C et 3,2 °C pour toutes les options (sans ou avec changements climatiques) et pour toutes les régions étudiées avec un accroissement maximal à Kirundo.

Les projections des précipitations obtenues avec les modèles MAGICC/SCHENGEN avec et sans changements climatiques pour la période 2010 à 2050 indiquent une évolution pluviométrique interannuelle caractérisée par une tendance pluviométrique fortement en baisse pour les stations de Bujumbura, Cankuzo, Gitega et Musasa, et une tendance légèrement en baisse pour les stations de Gisozi et de Kirundo. Les fluctuations interannuelles observées aujourd'hui devraient se poursuivre et même s'amplifier. Les projections des

précipitations mensuelles montrent que la variabilité sera très marquée autant pour les périodes d'octobre à novembre et de février à avril dans la région de Bujumbura et du Nord du pays (Kirundo) et touchera également la région de haute altitude (Gisozi) et de Musasa.

L'étude de l'évolution du nombre de jours de pluie au Burundi révèle que le nombre de jours de pluie tend à diminuer à travers tout le pays et que la saison sèche tend à s'allonger suite à une reprise tardive des pluies avec des conséquences préjudiciables sur la production agricole, principale source de revenus de la populations burundaise. A l'horizon 2050, les fluctuations maximales des précipitations seraient comprises entre 5% et 15%.

Les modifications de la fréquence et de l'intensité des précipitations dans l'espace et dans le temps ainsi que le relèvement général des températures auront des conséquences néfastes qui vont se traduire par une plus grande vulnérabilité des systèmes naturels et humains déjà fragilisés par la pression de l'homme

De même, les résultats des projections de l'évolution des secteurs socioéconomiques du Burundi indiquent que le pays est exposé à une vulnérabilité de plus en plus grande vis-à-vis de la variabilité et des changements climatiques futurs. Les systèmes naturels et les systèmes socioéconomiques du pays seront affectés par les conséquences préjudiciables liées aux changements climatiques, telles que les inondations et les sécheresses chroniques alors qu'ils font déjà l'objet d'une pression importante consécutive à la démographie galopante et aux changements intervenus dans l'utilisation des terres. Les catastrophes naturelles liées à la sécheresse et aux inondations pourraient s'amplifier en causant des dégâts importants. Les pertes en vie humaine, d'écosystèmes, d'habitats et d'espèces végétales et animales pourraient augmenter davantage si des mesures appropriées d'adaptation ne sont pas prises dès maintenant pour y faire face.

Les impacts futurs les plus importants toucheraient notamment l'agriculture et l'élevage pourraient être de plus en plus confrontés à des baisses de rendement de production de la production suite aux retards enregistrés dans la période de semi et à la réduction de la durée des précipitations et à l'allongement des périodes de sécheresses entraînant une mauvaise productivité végétale. De même, la production de la pêche dans le lac Tanganyika et dans les lacs intérieurs aura une tendance marquée à la baisse suite à la détérioration générale du climat qui va entraîner une prolifération de plantes aquatiques flottantes (jacinthe d'eau notamment) à cause de la réduction de la vitesse d'écoulement de l'eau de surface, du changement de la température et de la détérioration de la qualité de l'eau.

Le rendement des écosystèmes naturels sera de plus en plus faible en raison des sécheresses plus fréquentes et plus prolongées et des risques plus accrus de feux de brousse et de forêts. Les ressources en eau seront exposées à une réduction de la quantité disponible entraînant un déficit hydrique pour l'agriculture notamment et un problème d'eau potable dans certaines localités. La superficie des espaces boisés et des zones humides naturelles sera de plus en plus réduite et une baisse du niveau des nappes phréatiques pourrait être enregistrée suite à une recharge insuffisante entraînant la disparition de certaines sources d'eau potable. Les changements climatiques futurs affecteront également la production hydroélectrique qui devrait baisser suite à la modification du régime des précipitations, à la sécheresse prolongée et à l'envasement plus important des lacs de retenue des barrages suite à l'aggravation du phénomène d'érosion des sols.

Enfin, le secteur de la santé sera fragilisé par la prolifération des maladies diarrhéiques et respiratoires, la diffusion du paludisme suite à de meilleures conditions de températures et de précipitations et à l'accroissement des urgences et catastrophes liées aux changements climatiques.

Face à ce tableau sombre d'une vulnérabilité accrue des secteurs socioéconomiques face aux impacts négatifs des changements climatiques, une stratégie nationale d'adaptation visant à faire face aux impacts de la variabilité climatique et des changements climatiques a été élaborée et des projets concrets ont été proposés. Les modalités de mise en oeuvre et d'intégration de cette stratégie nationale dans le cadre d'un développement socio-économique durable et de la préservation de l'équilibre environnemental, social et économique dans le pays ont été proposées.

A la lumière de cette situation, il est urgent de sensibiliser les décideurs et le public sur les défis climatiques majeurs auxquels le Burundi est confronté et d'entreprendre, au plus tôt, des mesures appropriées en vue de renforcer la capacité du pays à faire face aux impacts prévisibles de la variabilité et du changement climatique. Les mesures d'adaptation proposées s'inscrivent dans une stratégie nationale d'adaptation pour permettre de faire réellement face aux changements climatiques et être techniquement, économiquement, politiquement et financièrement réalisable.

L'objectif général de la stratégie nationale d'adaptation est de renforcer la capacité du Burundi à faire face aux impacts néfastes de la variabilité et du changement climatique dans les secteurs socioéconomiques les plus vulnérables tout en assurant le développement durable de sa population. Elle est structurée autour des objectifs stratégiques ci-après:

- Renforcement du cadre institutionnel chargé des questions environnementales dans les programmes sectoriels.
- Mettre en œuvre les actions identifiées dans le PANA.
- Assurer une meilleure connaissance et le partage de l'information sur les aspects scientifiques, techniques et économiques des impacts, de la vulnérabilité et de l'adaptation au changement climatique
- Intégrer les changements climatiques dans la politique nationale de développement économique et de lutte contre la pauvreté. Il s'agira de favoriser une approche participative et synergique impliquant tous les acteurs ainsi que les autres programmes nationaux.
- Elaboration et exécution des mesures spécifiques d'adaptation dans les secteurs les plus vulnérables comme les ressources en eau, l'énergie, l'agriculture et l'élevage, les écosystèmes humides et les écosystèmes terrestres, les paysages et le secteur de la santé.

Les projets d'adaptation incluent 12 projets identifiés par le PANA et 15 nouveaux projets proposés par les études sectorielles qui sont dans les tableaux en annexe n° 2.

BIBLIOGRAPHIE

1. Mission Interministérielle de l'effet de serre, Bilan 2007 des changements climatiques : conséquences, adaptation et vulnérabilité, 8^{ème} Session du Groupe de Travail II du GIEC, Bruxelles, du 02 au 06 avril 2007.
2. Boubacar Fall et Isabelle Niang-Diop, Glossaire des termes et concepts, ENDA, Sénégal
3. ENDA/C3D, Vulnérabilité et adaptation : Module 1 Contexte général ; Manuel Winograd (CIAT, Colombie)
4. MINATTE, Rapport annuel sur l'état de l'environnement, Février 2005.
5. SINARINZI Evariste, Etude de base sur la mise en œuvre du Mécanisme de Développement Propre et proposition de projets MDP pour le Burundi, Rapport final, ONUDI/BURUNDI, Décembre 2005.
6. MPDR, Service de Planification Macroéconomique, Rapport de l'économie burundaise 2006.
7. Décret n° 100/11 du 16 janvier 2009 portant publication des résultats préliminaires du troisième Recensement général de la population et de l'habitation du Burundi de 2008.
8. SINARINZI Evariste, Etude de base sur la mise en œuvre du Mécanisme de Développement Propre et proposition de projets MDP pour le Burundi, Rapport final, ONUDI/BURUNDI, Décembre 2005.
9. MINATTE, Rapport annuel sur l'état de l'environnement, Février 2005.
10. Ndikumagenge, Cl., Bois, énergie et autres, SNEB, 1997, p.3, cité par la FAO dans le [Rapport d'étude sur les données du bois-énergie au Burundi, préparé par François NKURUNZIZA, 1999 ; ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/004/X6783F/X6783F00.pdf](#)
11. Cléto NDIKUMAGENGE et Salvator NDABIRORERE, Le bois –énergie au Burundi : un enjeu majeur pour la filière africaine, in Bois-Forêt Info Magazine, n° 2075, 20 octobre 2003 http://www.boisforet-info.com/bfi2/outil_imp.asp?art=2075
12. http://fr.wikipedia.org/wiki/Lac_Tanganyika
13. NZIGIDAMERA Benoît et FOFO Alfonse, Etude de vulnérabilité et d'adaptation aux changements climatiques, MINATTE/BURUNDI, septembre 2008.
14. Dr. NDINDURWAHA T, Evolution et cartographie des principales endémo épidémies, Formation des TPS, Centre Suédois, avril 2007.
15. Projet LMTC, Section Nutrition, Enquête nationale sur l'anémie, MSPLS, 2003

16. MINATTE, Plan d'Actions National d'Adaptation aux Changements climatiques (PANA), Bujumbura/Burundi, janvier 2007.
17. Clare FLEMING, le FEM et l'adaptation au changement climatique, www.theGEF.org, novembre 2005.
18. Evaluation de la vulnérabilité des ressources en eau et actions prioritaires d'Adaptation aux Changements climatiques , dans le cadre du Plan d'Actions National d'Adaptation aux CC (PANA), MINATTE, Mai 2006
19. Ntungumburanye G. et Nindamutsa A., Etude de vulnérabilité et d'adaptation au changements climatiques, Secteur des ressources en eau, Rapport Définitif, PNUD/MINATTE, septembre 2008.
20. SHIRAMANGA Maurice et BARAKIZA Ruben, Situation de base et projections climatiques, PNUD/MINATTE, Rapport définitif, Novembre 2008
21. TRACTEBEL, Etude de justification technico-économique de l'interconnexion des réseaux de transport liés à la centrale hydroélectrique de Rusumo Falls, Volume 2, Edition définitive, OBK, septembre 1995.
22. Programme d'action PACER, Petites centrale hydroélectriques : le choix, le dimensionnement et les essais de réception d'une miniturbine, Office Fédéral des questions conjoncturelles, Berne/SUISSE, août 1995.
23. SUNZU NTIGAMBIRIZWA S., Etude de la vulnérabilité et adaptation aux changements climatiques, Secteur de l'Energie, MINATTE, /Bujumbura, mai 2001.
24. PNUD, Burundi – Indice de sécheresse, www.bi.undp.org.
25. Prof. Stanislas NSABIMANA, Etude de la vulnérabilité et de l'adaptation aux changements climatiques, Secteur des Paysages, PNUD/MINATTE, Octobre 2008.
26. Dr. NDINDURWAHA T, Evolution et cartographie des principales endémo épidémies, Formation des TPS, Centre Suédois, avril 2007.
27. Projet LMTC, Section Nutrition, Enquête nationale sur l'anémie, MSPLS, 2003
28. MINATTE/Burundi, Première Communication Nationale sur les changements climatiques, Août 2001
29. MACEDONIA, Second National Communication on Climate Change, Ministry of Environment and Physical Planning, December 2008.
30. Gérard RUSUKU et Juvent BARAMBURIYE, Vulnérabilité et adaptation aux changements climatiques du secteur agriculture, PNUD/MINATTE, Septembre 2008.

31. Dr. François-Xavier BUYOYA et Venant KAVUYIMBO, MPH, Etude de vulnérabilité et adaptation aux changements climatiques : secteur de la santé, PNUD/MINATTE, octobre 2008.
32. Gaspard NTAKIMAZI, Etude de la vulnérabilité et de l'adaptation aux changements climatiques dans le secteur des écosystèmes humides, Rapport Définitif, PNUD/MINATTE, Octobre 2008.
33. UICN, Déclaration de position : L'adaptation aux changements climatiques, COP14, Poznan, Pologne.1-12 Décembre 2008.
34. Plan d'action de Tunis pour l'adaptation aux changements climatiques dans la Région méditerranéenne, publié in « Solidarité Internationale pour des stratégies face aux changements climatiques dans les régions africaine et méditerranéenne », TUNIS, 18 – 20 NOVEMBRE 2007.
35. BURUNDI, Plan d'Action National d'Adaptation aux changements climatiques, PNUD/MINATTE, Janvier 2007.
36. ENDA-TM, Environnement Développement, E-Bulletin Spécial n°2, Septembre 2006.
37. UNFCC, Intégration des informations contenues dans les PANA aux fins d'adaptation dans les Secones Communications nationales et les communications ultérieures, FCCC/SBI/2007/27.
38. IIDD : Institut International pour le Développement Durable, Vulnérabilité des pays du Maghreb face aux changements climatiques : Besoins réels et urgents d'une stratégie d'adaptation et des moyens pour sa prise en œuvre, 2003.
39. France/Mission Interministérielle de l'effet de serre, Bilan 2007 des changements climatiques : Conséquences, adaptation et vulnérabilité, 8^{ème} Session du Groupe de Travail II du GIEC, 2-6 avril 2007, Bruxelles
40. Union Européenne, Modèle de Contrat de subvention, annexe II, 2007

ANNEXES

ANNEXE n° 1

EVOLUTION DES PARAMETRES CLIMATIQUES EN ABSENCE ET EN PRESENCE DES CHANGEMENTS CLIMATIQUES

Source : SHIRAMANGA Maurice et BARAKIZA Ruben, Situation de base et projections climatiques, PNUD/MINATTE, Rapport définitif, Novembre 2008

	Tableau n°36a:Pluviométrie sansCC/Musasa (en mm)				
	2010	2020	2030	2040	2050
Janvier	172,7	158,7	142,7	158,7	188,7
Février	106,5	152,5	130,5	86,5	156,5
Mars	155,9	166,9	182,9	182,9	134,9
Avril	179,6	175,6	181,6	159,6	183,6
Mai	91,4	89,4	97,4	59,4	84,4
juin	7,3	5,3	5,3	7,3	7,3
juillet	0	2,8	3,8	0	3,8
Août	21,1	7,1	16,1	11,1	7,1
Septembre	34,6	27,6	35,6	25,6	29,6
Octobre	95,2	81,2	81,2	80,2	97,2
Novembre	131,6	138,6	137,6	131,6	139,6
Décembre	149,5	128,5	137,5	127,5	142,5
Moyenne annuelle	1145,4	1134,2	1152,2	1030,4	1175,2

	Tableau n° 36b: Pluviométrie avec CC/Musasa (en mm)				
	2010	2020	2030	2040	2050
Janvier	175	162,1	147	165,4	199,3
Février	107,2	153,9	132,2	88,1	160,3
Mars	156,7	168,2	184,9	185,8	137,7
Avril	181	178,1	185,2	164,1	190,4
Mai	92,9	91,4	101	62,5	90,1
juin	7,5	5,5	5,6	7,8	8
juillet	0	3	4,1	0	4,4
Août	23,8	8,6	21	15,8	11,1
Septembre	34,7	27,7	35,8	25,8	29,9
Octobre	94,4	80	79,4	77,8	93,4
Novembre	133	141,1	141,2	136,3	146
Décembre	152,1	132,1	143	134,7	153,1
Moyenne annuelle	1156,9	1151,2	1178,7	1063,4	1223,4

Tableau n° 37a : Projections pluviométriques sans CC/ GISOZI (en mm)

	2010	2020	2030	2040	2050
Janvier	154,5	174,5	179,5	209,5	196,5
Février	180,4	192,4	147,4	192,4	190,4
Mars	186,3	210,3	211,3	191,3	212,3
Avril	244,2	186,2	196,2	244,2	176,2
Mai	142,1	107,1	113,1	107,1	127,1
juin	20,3	2,3	22,3	0,3	17,3
juillet	2,7	2,7	6,7	8,7	7,7
Août	30	13	13	30	10
Septembre	77	78	60	80	76
Octobre	120,3	140,3	128,3	122,3	140,3
Novembre	180,7	184,7	189,7	164,7	194,7
Décembre	167,7	190,7	165,7	169,7	197,7
Moyenne annuelle	1506,3	1482,3	1433,3	1520,3	1546,3

Tableau n° 37b : Projections pluviométriques avec CC/ GISOZI (en mm)

	2010	2020	2030	2040	2050
Janvier	156,5	178,2	184,9	218,3	207,5
Février	181,5	194,1	149,3	195,9	195
Mars	187,2	212	213,6	194,4	216,8
Avril	246,2	188,8	200,1	251	182,7
Mai	144,4	109,5	117,3	112,7	135,7
juin	20,8	2,4	23,5	0,3	19,1
juillet	2,8	2,9	7,3	9,8	9
Août	33,9	15,7	17	42,9	15,6
Septembre	77,2	78,2	60,3	80,6	76,7
Octobre	119,2	138,2	125,5	118,6	134,8
Novembre	182,7	188	194,6	170,6	203,7
Décembre	170,6	196	172,3	179,2	212,3
Moyenne annuelle	1521,4	1504,5	1466,3	1568,9	1609,7

**Tableau n°38a : Projections pluviométriques sans CC/ Kirundo
(en mm)**

	2010	2020	2030	2040	2050
Janvier	97,3	79,3	93,3	99,3	95,3
Février	86,9	114,9	71,9	88,9	116,9
Mars	124,9	122,9	136,9	146,9	132,9
Avril	185,6	220,6	170,6	165,6	195,6
Mai	120,2	100,2	80,2	110,2	102,2
juin	22,9	12,9	16,9	20,9	8,9
juillet	8,7	1,7	12,7	4,7	10,7
Août	33,4	29,4	21,4	35,4	21,4
Septembre	84	80	50	68	96
Octobre	134,8	139,8	89,8	133,8	134,8
Novembre	128,5	133,5	118,5	153,5	128,5
Décembre	92,8	114,8	87,8	110,8	122,8
Moyenne annuelle	1120,1	1150,1	950,1	1138,1	1166,1

Tableau n° 39a : Projections thermométriques sans CC à Musasa en °C

	2010	2020	2030	2040	2050
Janvier	20,7	20,4	20	19,7	19,3
Février	21,3	21,2	21,1	21	20,9
Mars	22	22	22,1	22,2	22,2
Avril	20,5	20,2	19,9	19,6	19,3
Mai	22,3	22,6	23	23,4	23,8
jun	21,4	21,9	22,3	22,8	23,3
juillet	21,2	21,7	22,2	22,7	23,1
Août	23	23,6	24,2	24,8	25,4
Septembre	24	24,4	24,9	25,3	25,8
Octobre	24,1	38,9	25	25,4	25,9
Novembre	23	23,4	23,9	24,3	24,8
Décembre	21,2	21,1	20,9	20,7	20,6
Moyenne annuelle	20,6	20,8	21,1	21,3	21,6

**Tableau n°38b : Projections pluviométriques avec CC/ Kirundo
(en mm)**

	2010	2020	2030	2040	2050
Janvier	98,6	81	96,1	103,5	100,7
Février	87,4	116	72,9	90,5	119,7
Mars	125,5	123,9	138,4	149,2	135,7
Avril	187,1	223,7	174,1	170,3	202,9
Mai	122,2	102,5	83,2	116	109,2
juin	23,5	13,4	17,9	22,5	9,8
juillet	9	1,8	13,9	5,3	12,5
Août	37,8	35,6	28	50,6	33,4
Septembre	84,1	80,2	50,2	68,4	96,8
Octobre	133,6	137,7	87,8	129,8	129,5
Novembre	129,9	135,9	121,6	159	134,4
Décembre	94,4	118,1	91,4	117	131,9
Moyenne annuelle	1131,3	1167,4	972	1174,6	1214

Tableau n° 39b : Projections thermométriques avec CC à Musasa en °C

	2010	2020	2030	2040	2050
Janvier	21	20,8	20,6	20,4	20,2
Février	21,6	21,7	21,7	21,8	21,8
Mars	22,3	22,5	22,7	23	23,2
Avril	20,8	20,7	20,6	20,4	20,4
Mai	22,7	23,2	23,8	24,5	25,1
jun	21,8	22,5	23,2	23,9	24,6
juillet	21,6	22,3	23,1	23,8	24,4
Août	23,4	24,2	25	25,8	26,6
Septembre	24,4	24,9	25,6	26,2	26,9
Octobre	24,4	39,4	25,7	26,3	26,9
Novembre	23,3	23,9	24,5	25,1	25,7
Décembre	21,5	21,5	21,5	21,4	21,5
Moyenne annuelle	20,9	21,3	21,8	22,2	22,6

Tableau n°40a : Projections thermométriques sans CC à Gisozi en °C

	2010	2020	2030	2040	2050
Janvier	17,8	20,3	22,9	25,4	27,9
Février	18,8	21,6	24,5	27,3	30,2
Mars	18,4	21,1	23,9	26,6	29,3
Avril	18,3	21	23,7	26,4	29,1
Mai	17,8	20,4	23,1	25,7	28,4
juin	16,6	19	21,5	23,9	26,4
juillet	16,6	19	21,4	23,9	26,3
Août	17,7	20,2	22,7	25,3	27,8
Septembre	18,9	21,7	24,5	27,3	30,1
Octobre	19	19	21,8	24,7	30,4
Novembre	18,9	21,8	24,7	27,7	30,6
Décembre	18,7	21,6	24,5	27,4	30,3
Moyenne annuelle	18,1	20,8	23,5	26,2	28,9

Tableau n° 40b : Projections thermométriques avec CC à Gisozi en °C

	2010	2020	2030	2040	2050
Janvier	18,1	20,8	23,6	26,4	29,2
Février	19,1	22,1	25,2	28,4	31,5
Mars	18,7	21,6	24,7	27,7	30,7
Avril	18,6	21,6	24,5	27,5	30,6
Mai	18,2	21,1	24,1	27,1	30,3
juin	17	19,7	22,5	25,4	28,3
juillet	17	19,7	22,4	25,4	28,2
Août	18,1	20,8	23,6	26,6	29,5
Septembre	19,3	22,3	25,4	28,5	31,7
Octobre	19,4	19,6	22,6	25,9	31,9
Novembre	19,2	22,3	25,5	28,8	32
Décembre	19	22,1	25,2	28,4	31,6
Moyenne annuelle	18,5	21,4	24,3	27,4	30,5

Tableau n°41a : Projections thermométriques sans CC à Kirundo en °C

	2010	2020	2030	2040	2050
Janvier	22	22,5	23,1	23,6	24,1
Février	22,5	23,1	23,8	24,4	25,1
Mars	21,8	22,3	22,7	23,1	23,5
Avril	22	22,7	23,3	23,9	24,5
Mai	22,4	23,1	23,9	24,6	25,4
juin	21,8	22,2	22,6	23,1	23,5
juillet	21,6	21,9	22,2	22,4	22,7
Août	22,6	23	23,4	23,8	24,2
Septembre	23	23,5	24	24,4	24,9
Octobre	22,2	22,6	23,1	23,5	23,9
Novembre	21,7	22,2	22,7	23,1	23,6
Décembre	21,8	22,3	22,9	23,4	24
Moyenne annuelle	22,1	22,6	23,1	23,6	24,1

Tableau n°41b : Projections thermométriques avec CC à Kirundo en °C

	2010	2020	2030	2040	2050
Janvier	22,3	23	23,8	24,6	25,4
Février	22,8	23,6	24,5	25,5	26,4
Mars	22,1	22,8	23,5	24,2	24,9
Avril	22,3	23,3	24,1	25	26
Mai	22,8	23,8	24,9	26	27,3
juin	22,2	22,9	23,6	24,6	25,4
juillet	22	22,6	23,2	23,9	24,6
Août	23	23,6	24,3	25,1	25,9
Septembre	23,4	24,1	24,9	25,6	26,5
Octobre	22,6	23,2	23,9	24,7	25,4
Novembre	22	22,7	23,5	24,2	25
Décembre	22,1	22,8	23,6	24,4	25,3
Moyenne annuelle	22,5	23,2	23,9	24,8	25,7

ANNEXE N° 2

PROBLEMATIQUE DE L'ADAPTATION ET CHOIX DES PROJETS PRIORITAIRES

1. Introduction à l'adaptation

Les principaux objectifs des études sectorielles de vulnérabilité et d'adaptation aux changements climatiques étaient de :

- Contribuer à l'élaboration de la Seconde Communication Nationale du Burundi sur les changements climatiques par la réalisation des études d'évaluation de la vulnérabilité et d'adaptation dans les différents secteurs socio-économiques ;
- Identifier les stratégies et les mesures d'adaptation aux changements climatiques pour chaque secteur et les intégrer dans les politiques sectorielles et dans la politique nationale de développement économique et de lutte contre la pauvreté.

Dans les termes de référence des études sectorielles, il était demandé de relever les impacts futurs des changements climatiques, de localiser les zones de forte vulnérabilité et de définir les stratégies, les options, les mesures et les actions d'adaptation aux changements climatiques et enfin d'élaborer un plan d'actions stratégiques d'adaptation aux changements climatiques qui soit utile et compatible avec les besoins de développement du Burundi.

La présente note la problématique de l'adaptation aux changements climatiques qui doit être conformes avec les objectifs de développement du pays et indique le processus suivi dans l'identification des options d'adaptation pour finalement présenter les projets prioritaires d'adaptation retenus par les études sectorielles de vulnérabilité et d'adaptation aux changements climatiques.

2. Problématique de l'adaptation

2.1. L'importance de l'évaluation de la vulnérabilité.

Pour que la planification et la mise en œuvre de l'adaptation soient efficaces, il est nécessaire de disposer d'une bonne évaluation de la vulnérabilité des écosystèmes à la variabilité actuelle du climat, des effets des changements climatiques déjà constatés à ce jour, de connaître les impacts auxquels il faudrait s'attendre dans le futur ainsi que la capacité d'adaptation des cibles concernés aux changements climatiques⁴². L'évaluation de la vulnérabilité devrait normalement inclure des aspects géophysiques, politiques, sociaux et culturels et tenir compte de la spécificité de chaque région du pays.

⁴² UICN, Déclaration de position : L'adaptation aux changements climatiques, COP14, Poznan, Pologne.1-12 Décembre 2008.

Selon une recommandation de l'U.I.C.N⁴³ à la COP14⁴⁴, l'évaluation de la vulnérabilité et des besoins d'adaptation doit constituer un pré-requis essentiel aux plans et stratégies d'adaptation pour la mise en œuvre d'urgence ainsi que de prévoir le cas échéant, les ressources nécessaires à cet effet.

Les changements climatiques devraient ainsi renforcer les tendances de la sécheresse et de la désertification dont certaines régions en sont déjà victimes comme le Bugesera, le Kumoso et l'Imbo-Centre. Dans l'entre-temps, des infrastructures socioéconomiques seront de plus en plus frappées par des risques plus accrus d'inondations consécutives aux précipitations de durée plus longue et de fréquence plus importante

2.2. La capacité d'adaptation

Les groupes les plus vulnérables seront principalement les personnes les plus faibles car leur capacité d'adaptation et leurs moyens d'existence dépendent des ressources liées au climat. Le Burundi, comme plusieurs pays africains, est très vulnérable aux changements climatiques à cause des pressions déjà existantes sur les écosystèmes et de sa faible capacité à s'adapter.

En effet, des actions et des mesures urgentes d'adaptation ont été proposées dans le programme PANA⁴⁵ pour faire face aux effets néfastes des changements climatiques dont plusieurs d'entre elles ne sont pas encore mises en œuvre faute de financement. D'autre part, elles ne sont pas suffisantes pour lutter contre la pauvreté de la population et pour permettre une adaptation efficace face aux contraintes du climat.

Comme le propose l'ENDA-Tiers Monde⁴⁶, la recherche des solutions pour l'adaptation doit s'engager :

- Au niveau de l'Etat par la formulation de politiques de développement global et sectoriel qui intègrent la réduction de la pauvreté et l'adaptation aux changements climatiques ;
- Au niveau des communes en intégrant l'adaptation dans l'élaboration des plans communaux de développement ;
- Au niveau des communautés rurales en s'appuyant sur le savoir-faire local pour faire face à la sécheresse et aux inondations en impliquant les associations rurales et les ONG.

3. Objectifs de développement du pays

L'élaboration d'une stratégie nationale et d'un plan d'action d'adaptation aux changements climatiques vise à appuyer le Gouvernement du Burundi dans ses efforts pour atteindre une gestion durable, globale et rationnelle des ressources naturelles, de développement durable du pays, de lutte contre la pauvreté et de réduction des catastrophes naturelles.

⁴³ UICN : Union Internationale pour la Conservation de la Nature.

⁴⁴ COP14 : La 14^{ème} Session de la Conférence des Parties à la CCNUCC.

⁴⁵ Burundi, Programme d'actions National d'Adaptation aux Changements climatiques, PNUD/MINATTE, janvier 2007

⁴⁶ ENDA-TM, Environnement Développement, E-Bulletin Spécial n°2, Septembre 2006.

La stratégie d'adaptation devra dans ces conditions contribuer à la réalisation des objectifs de développement économique du Burundi inscrits dans le Cadre Stratégique Intérimaire de croissance économique et de lutte contre la pauvreté (CSLP-Complet) publié en mars 2006 qui reposent sur les axes prioritaires suivants :

- Promouvoir la paix et la bonne gouvernance ;
- Assainir le cadre macroéconomique et promouvoir une croissance économique de qualité ;
- Promouvoir l'accès aux services sociaux de base pour le développement du capital humain ;
- Favoriser l'insertion des sinistrés du conflit ;
- Lutter contre la VIH/SIDA ;
- Promouvoir la participation de la femme au développement.

Les préoccupations en rapport avec les effets néfastes des changements climatiques et les mesures d'adaptation s'inscrivent dans l'axe stratégique n°2 sur « l'assainissement du cadre macroéconomique et la promotion d'une croissance économique de qualité » et dans l'axe n° 4 sur « la promotion de l'accès aux services sociaux de base pour le développement du capital humain. Dans le cadre de ces 2 axes stratégiques précités, les objectifs spécifiques à considérer seraient notamment associés à la lutte contre la pauvreté par le développement du monde rural à travers la rationalisation de la gestion des ressources naturelles et à la réduction des risques de catastrophes par la protection de l'environnement.

La stratégie d'adaptation devra également contribuer aux objectifs spécifiques du développement du pays dont notamment de :

- Poursuivre le développement socioéconomique du pays ;
- Contribuer à la réduction de la pauvreté ;
- Compléter les mesures de réduction des catastrophes naturelles.

3.1.Poursuivre le développement économique

Les politiques de développement existantes devraient tenir compte des changements climatiques. Toutes les actions entreprises pour améliorer les prévisions saisonnières du climat , pour améliorer la sécurité alimentaire, prévoir les désastres et les catastrophes naturels et les actions pour y faire face etc.. doivent contribuer à réduire les impacts négatifs des changements climatiques.

Des mesures d'adaptation ont été proposées dans la Première Communication Nationale du Burundi. Partant des mesures d'adaptation proposées par la 1^{ère} Communication, le Plan d'Action National d'Adaptation (PANA) a identifié les mesures et actions devant permettre au Burundi de faire face aux changements climatiques de façon urgente et a hiérarchisé ces mesures et actions pour établir des projets d'adaptation à mettre en œuvre dans l'immédiat.

3.2.Contribuer à la réduction de la pauvreté.

Les changements climatiques vont réduire les services fournis par les écosystèmes en créant des pressions plus importantes sur les moyens de subsistance de la population. Ce sont les

communautés les plus pauvres qui seront les plus touchées par les changements climatiques dont notamment les communautés rurales qui sont tributaires des ressources naturelles.

Les impacts des changements climatiques aggravent la situation des plus pauvres compte tenu de leur faible capacité à s'adapter et mettent ainsi en péril les stratégies de réduction de la pauvreté et hypothèquent les résultats des actions entreprises dans le cadre des objectifs du Millénaire pour le développement. C'est la raison pour laquelle, les stratégies de lutte contre la pauvreté et la planification du développement économique et sociale devraient intégrer l'adaptation aux changements climatiques.

3.3. Renforcer les initiatives de réduction des risques de catastrophes.

L'adaptation vient en complément aux actions en cours ou programmées de réduction des risques de catastrophes naturelles. Face aux risques fréquents des inondations, de la famine et des épidémies, le Gouvernement a déjà mis en place des stratégies pour une intervention d'urgence en cas de pareilles catastrophes. L'adaptation viendra pour compléter les stratégies d'actions pour faire face aux catastrophes naturelles.

Dès lors, il convient d'évaluer clairement les risques de catastrophes liés aux changements climatiques et coordonner les initiatives de réduction des risques de catastrophes et les plans et stratégies d'adaptation aux changements climatiques.

4. Identification des options d'adaptation

L'identification des options d'adaptation a été réalisée en veillant à recourir à toutes les sources disponibles qui ont proposé des options d'adaptation aux changements climatiques. Les documents concernés les plus récents sont notamment : (i) le Plan d'Actions National d'Adaptation aux changements climatiques, (ii) les études sectorielles sur la vulnérabilité et l'adaptation aux changements climatiques préparées dans le cadre de la Seconde Communication nationale sur les Changements climatiques et (iii) l'ANCR (Autoévaluation Nationale des Capacités à Renforcer).

4.1. Le Plan d'Actions National d'Adaptation

Les directives de la Convention⁴⁷ demandent aux pays de rendre compte des programmes qui contiennent des mesures destinées à faciliter l'adaptation. Ces directives les encouragent également à évoquer les cadres dans lesquels s'inscrivent leurs actions comme le PANA et autres plans et politiques pour élaborer et mettre en place des stratégies et des mesures d'adaptation⁴⁸. En effet, il est utile de tenir compte des Plans d'Actions Nationaux d'adaptation aux changements climatiques dans la mesure où :

- (i) Les PANA font appel à des méthodes nouvelles pouvant aider les parties à préparer leurs communications nationales ;
- (ii) Les PANA déterminent les activités et actions à exécuter en priorité et recensent les besoins et préoccupations urgents et immédiats des PMA pour leur adaptation aux changements climatiques en raison de leur faible capacité d'adaptation ;

⁴⁷ La Convention Cadre des Nations Unies sur les changements climatiques

⁴⁸ UNFCCC, Intégration des informations contenues dans les PANA aux fins d'adaptation dans les Seconde Communications nationales et les communications ultérieures, FCCC/SBI/2007/27.

- (iii) Les communications nationales et les PANA procèdent à l'inventaire des options d'adaptation de nature à assurer le développement durable à partir des conséquences néfastes des changements climatiques et établissent des stratégies pour y faire face en associant les parties prenantes ;
- (iv) Les PANA contiennent une liste d'action à exécuter en priorité sur le court terme et des éléments clé d'une stratégie nationale.

Comme les informations contenues dans le PANA doivent être actualisées, le cadre du PANA doit ainsi être intégré dans les évaluations de la vulnérabilité et l'adaptation aux changements climatiques. Les PANA constituent une partie du plan d'actions de l'adaptation préparé dans la Stratégie Nationale d'Adaptation au titre de la 2^{ème} communication nationale.

4.2.L'Autoévaluation Nationale des Capacités à Renforcer

Le Burundi a élaboré en 2007 une *Stratégie et un Plan d'Action de Renforcement des Capacités Nationales pour la gestion de l'environnement mondial*⁴⁹ dans le cadre du projet « Auto-évaluation des capacités à renforcer pour la gestion de l'environnement mondial (ANCR) ». L'objectif était de permettre aux parties prenantes dans la gestion de l'environnement national de procéder à une analyse profonde et participative des besoins en renforcement des capacités nationales pour atteindre les objectifs de l'environnement mondial tels qu'énoncés dans les Conventions de Rio.

L'ANCR a démarré ses activités en août 2005 et s'est focalisé sur les 3 Conventions de Rio, à savoir la Convention sur la Diversité biologique (CDB), la Convention Cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (CCNUCC) et la Convention des Nations Unies sur la lutte contre la Désertification (CCD). Le projet a identifié les problèmes environnementaux majeurs, les besoins en renforcement des capacités et a proposé un plan d'action pour que le Burundi renforce réellement ses capacités dans la gestion de l'environnement

Les problèmes de capacités identifiés sont :

- Faibles capacités à formuler des politiques et programmes de réduction de la pression ; anthropique qui s'exerce sur les ressources naturelles et sur le milieu ;
- Faibles capacités à assurer le suivi de l'état de l'environnement ;
- Faibles capacités à développer une recherche appliquée en tant qu'activité de soutien à la gestion durable des ressources naturelles ;
- Faible niveau d'éducation et de sensibilisation de la population à la gestion durable des ressources naturelles ;

Face à ces problèmes de capacités une stratégie a été développée avec comme vision « le renforcement des capacités nationales pour une gestion rationnelle de l'environnement national et mondial » avec les objectifs globaux suivants:

- (i) La mise en place d'un programme environnemental de renforcement de capacités et de lutte contre la pauvreté ;
- (ii) La promotion de la mobilisation des ressources informationnelles, technologiques et humaines.

⁴⁹ Burundi : Stratégie et Plan d'Actions de Renforcement des capacités nationales pour la gestion de l'environnement mondiale, Projet Autoévaluation des Capacités à Renforcer (ANCR), PNUD/FEM/MINATTE, juillet 2007.

Un plan d'actions comprenant des actions à court terme et à long terme concourant à une meilleure mise en œuvre du programme environnemental de renforcement des capacités et de lutte contre la pauvreté a été élaboré suivant les axes stratégiques ci-après:

- 1) La promotion d'une meilleure maîtrise de la dynamique de la population
- 2) L'amélioration de la gestion de l'espace national
- 3) Le développement et la gestion rationnelle du patrimoine forestier
- 4) L'amélioration de l'accès de la population à l'énergie électrique
- 5) L'amélioration de la gestion des eaux usées et des déchets solides
- 6) La promotion de la mobilisation de l'information pour le suivi de l'état de l'environnement
- 7) Le renforcement des institutions chargées de la recherche appliquée en rapport avec la biodiversité, les changements climatiques, la gestion durable des terres et l'énergie
- 8) Le renforcement de la conscience environnementale collective

4.3.Options proposées par les études de vulnérabilité et d'adaptation élaborées dans le cadre de la Seconde Communication Nationale sur les Changements Climatiques

Dans le cadre des études de vulnérabilité et d'adaptation aux changements climatiques réalisées en 2008, les experts sectoriels ont procédé à l'analyse et à la synthèse de toutes les informations disponibles sur les effets de la variabilité climatique et des changements climatiques. Ils ont par ailleurs identifié et analysé secteur par secteur les principales options d'adaptation et ont proposé des activités et des projets prioritaires à mettre en œuvre pour faire face aux effets néfastes des changements climatiques.

Nous avons analysé et regroupé les diverses options proposées dans le secteur des ressources en eau, de l'énergie, de l'agriculture et de l'élevage, dans les écosystèmes humides et dans les écosystèmes terrestres, dans les paysages et dans le secteur de la santé.

En combinant les options proposées par l'ANCR avec celles identifiées dans les études de vulnérabilité et d'adaptation aux changements climatiques, les options d'adaptation suivantes ont été retenues pour dans le processus d'hierarchisation et de choix des options prioritaires:

- 1) Améliorer le système de prévisions climatiques saisonnières, de prévention, d'alerte précoce et de gestion des urgences et catastrophes liées aux conséquences négatives des changements climatiques
- 2) Préserver les boisements existants et reboiser les zones dénudées
- 3) Renforcer la gestion des aires protégées existantes et ériger en aires protégées les écosystèmes naturels identifiés comme menacés et vulnérables
- 4) Développer et vulgariser les techniques de collecte des eaux de pluie pour des usages agricoles ou ménagers
- 5) Mettre en place des dispositifs pour le contrôle de l'érosion dans les régions sensibles
- 6) Etablir et protéger des zones tampons stratégiques dans la plaine inondable du lac Tanganyika et autour des lacs du Bugesera
- 7) Identifier et vulgariser des essences forestières résistantes à la sécheresse
- 8) Vulgariser les cultures vivrières à cycle court et celles résistant à la sécheresse
- 9) Vulgariser les techniques d'élevage en stabulation permanente

- 10) Identifier et vulgariser les techniques améliorées d'utilisation du bois-énergie et les énergies nouvelles renouvelables et mettre en place un réseau Bois-Energie ;
- 11) Contrôler la dynamique fluviale des cours d'eau et des torrents dans les MUMIRWA y compris la ville de Bujumbura
- 12) Former et informer les décideurs et les autres intervenants, y compris les communautés locales sur les méthodes d'adaptation à la variabilité climatique
- 13) Identifier et vulgariser l'élevage d'espèces adaptées aux conditions locales du climat
- 14) Multiplier les microcentrales hydroélectriques
- 15) Promouvoir la mobilisation de l'information pour le suivi de l'état de l'environnement et des changements climatiques pour une prise de conscience environnementale collective.
- 16) Renforcer les institutions sectorielles dans l'analyse de la vulnérabilité et de l'adaptation
- 17) Renforcer les institutions chargées de la recherche appliquée (biodiversité, changements climatiques, gestion durable des terres, l'énergie, agriculture)
- 18) Renforcer les capacités dans le domaine de la gestion de l'eau
- 19) Actualiser le plan directeur de l'eau et intégrer les risques de pollution et les mesures appropriées de sa protection.
- 20) Aménager des marais afin de préserver l'équilibre écologique
- 21) Promouvoir le développement de l'énergie solaire photovoltaïque ;
- 22) Promouvoir des programmes de substitution du bois-énergie et du charbon de bois
- 23) Vulgariser des techniques de conservation des produits agricoles pour servir de consommations en cas de famine
- 24) Mettre en œuvre la loi existante pour protéger la zone littorale du lac Tanganyika et sa plaine d'inondation ainsi que le delta de la Ruzizi
- 25) Constituer une base de données sur les ressources menacées par l'élévation du niveau du lac Tanganyika entre 2 et 4 m
- 26) Elaborer un schéma d'aménagement du littoral du Lac Tanganyika pour réduire les risques d'inondations
- 27) Etablir un Plan National d'Aménagement des Bassins Versants,
- 28) Promouvoir la santé environnementale
- 29) Effectuer la pulvérisation intra domiciliaire dans les provinces à haut risque d'épidémie de paludisme
- 30) Lutter contre les feux de brousse dans tous les milieux naturels du Burundi
- 31) Intégrer les questions de changements climatiques dans la loi nationale et dans les différentes politiques sectorielles

Ces options d'adaptation devront faire l'objet d'un classement et d'une hiérarchisation par l'analyse multicritère.

5. Classification des options par l'analyse multicritère

5.1. Les critères de classification

Pour l'analyse des options, nous avons utilisé la méthode d'analyse multicritère qui s'adapte le mieux à l'analyse de projets dont la plupart sont encore au stade de la simple identification. Suivant la méthode d'analyse multicritère, il faut attribuer d'abord un poids en % à chaque critère par rapport aux autres, la somme totale devant faire 100%.

Le modèle des sommes pondérées a été privilégié parce qu'il est simple et conduit à des résultats qui peuvent facilement être partagés et expliqués dans le cadre d'une participation élargie de parties prenantes. D'autre part, l'analyse multicritère permet également d'inclure des indicateurs quantifiables et d'autres qui sont qualitatifs. La valeur finale pour chaque option apparaît comme une moyenne pondérée des scores obtenus pour chaque critère.

S'agissant des critères de choix, nous avons préféré utiliser les critères retenus dans le PANA BURUNDI⁵⁰ avec les pondérations suivantes :

Tableau n° 42: Critères de choix des options prioritaires

Critères	P absolues	P. Relatif
Prévention des risques climatiques	20	0,20
Aptitude à l'adaptation	20	0,20
Lutte contre la pauvreté	15	0,15
Sécurité alimentaire	12	0,12
Croissance économique	12	0,12
Gestion durable de l'Environnement	10	0,10
Promotion de la femme	6	0,06
Coût	5	0,05
TOTAL	100	1,00

Le critère de coût bénéficie a reçu une très faible pondération car on cherche à ce que le coût de mise en œuvre d'une stratégie ou d'une action prioritaire ne soit pas un frein à sa réalisation étant entendu que l'on part de l'hypothèse qu'il y a un effort mondial pour soutenir toutes les actions d'adaptation aux changements climatiques.

5.2. La pondération et la standardisation des options

A chaque option d'adaptation est attribué un score par rapport à chaque critère de choix entre 0 et 100 points. Pour le coût, chaque groupe sectoriel a attribué un coût en millions à chaque option d'adaptation. On se retrouve ainsi avec un tableau dynamique qui sera exploité dans le cadre de l'analyse multicritère qui est recommandée dans le choix des options. Les méthodes de calcul utilisées exploitent la feuille de calcul en EXCEL.

Les scores attribués sont repris dans le tableau n° 43 ci-après :

⁵⁰ BURUNDI, Plan d'Action National d'Adaptation aux changements climatiques, PNUD/MINATTE, Janvier 2007.

Tableau n °43 : ATTRIBUTION DES SCORES A CHAQUE OPTION D'ADAPTATION

Critères	Gestion durable de l'environnement	Coût (+1000 USD)	Aptitude à l'adaptation	Lutte contre la pauvreté	risques climatiques	Securite alimentaire	Croissance économique	Promotion de la femme	Total
Echelle	100	*1000 US	100	100	100	100	100	100	
Promouvoir la mobilisation de l'information pour le suivi de l'état de l'environnement	60	100	65	40	55	20	30	10	
Renforcer les institutions chargées de la recherche appliquée en rapport avec la biodiversité, les changements climatiques, la gestion durable des terres et l'énergie	65	100	70	40	50	20	55	20	
Renforcer la conscience environnementale collective	65	200	65	30	55	20	50	20	
Réhabiliter et densifier le réseau hydrologique National	75	500	70	40	70	40	50	30	
Renforcer les capacités de l'IGEBU dans l'évaluation et la gestion intégrée des ressources en eau.	70	5000	70	60	65	30	45	45	
Procéder à l'aménagement intégral des bassins versants pour la conservation des eaux et des sols.	75	5000	70	65	70	40	50	20	
Assurer un appui aux capacités d'adaptation aux changements climatiques dans le secteur de l'énergie	70	520	65	60	60	40	50	20	
Diversifier les sources de production d'électricité	65	6700	70	60	55	30	55	40	
Développer et vulgariser les techniques appropriées et accessibles de transformation et de conservation des produits agricoles	60	140	70	70	60	60	60	40	
Intégrer un système agro-sylvo-zootechnique pour assurer la sécurité alimentaire	65	22000	65	70	60	65	60	30	
Réhabiliter les milieux dégradés	60	650	70	60	55	50	55	30	
Assurer la gestion conservatoire des ressources biologiques dans la plaine inondable du delta de la Rusizi	65	1300	60	60	50	60	55	40	
Assurer l'aménagement et la gestion intégrée du littoral inondable du lac Tanganyika	70	2300	65	60	70	40	50	30	
Promouvoir la santé environnementale	60	800	60	60	55	30	40	20	
Promouvoir la latrine écologique (ECOSAN)	55	500	60	40	35	20	40	20	

Les scores attribués varient entre 1 et 100 pour tous les critères sauf pour les coûts pour lesquels nous avons adopté les valeurs de coûts proposées par les experts sectoriels. Étant donné la présence de critères d'ordre qualitatif et quantitatif, l'application de l'analyse multicritère doit passer par une standardisation des scores attribués de façon à exprimer les valeurs des critères dans une même unité de mesure. La standardisation a été faite en utilisant les formules ci-après qui relèvent de l'analyse coût/bénéfice:

M - X
 Pour le coût (désavantage): -----
M – m

$$\text{Pour les bénéficiaires : } \left(1 - \frac{M - X}{M - m} \right) = \frac{X - m}{M - m}$$

Avec **M** = La valeur maximale attribuée pour chaque critère

m = la valeur minimale

X = le score attribué à une option donnée par rapport à un critère

Le tableau n° 44 donne les scores standardisés des différentes options.

Tableau n°44 : STANDARDISATION DES SCORES

Critères	Gestion durable de l'environnement	Coût (+1000 USD)	Aptitude à l'adaptation	Lutte contre la pauvreté	Prévention des risques climatiques	Sécurité alimentaire	Croissance économique	Promotion de la femme	Total
Pondération absolue	20	5	20	15	12	12	10	6	100
Pondération Relative	0,20	0,050	0,20	0,15	0,12	0,12	0,10	0,06	1
Promouvoir la mobilisation de l'information pour le suivi de l'état de l'environnement	0,25	1,00	0,50	0,25	0,57	0,00	0,00	0,00	0,31
Renforcer les institutions chargées de la recherche appliquée en rapport avec la biodiversité, les changements climatiques, la gestion durable des terres et l'énergie	0,75	1,00	1,00	0,25	0,86	0,00	0,83	0,57	0,66
Renforcer la conscience environnementale collective	0,50	1,00	0,50	0,00	0,57	0,00	0,67	0,29	0,40
Réhabiliter et densifier le réseau hydrologique National	1,00	0,98	1,00	0,25	1,00	0,44	0,67	0,57	0,76
Renforcer les capacités de l'IGEBU dans l'évaluation et la gestion intégrée des ressources en eau.	0,75	0,78	1,00	0,75	0,86	0,22	0,50	1,00	0,74
Procéder à l'aménagement intégral des bassins versants pour la conservation des eaux et des sols.	1,00	0,78	1,00	0,88	1,00	0,44	0,67	0,29	0,83
Assurer un appui aux capacités d'adaptation aux changements climatiques dans le secteur de l'énergie	0,75	0,98	0,50	0,75	0,71	0,44	0,67	0,29	0,63
Diversifier les sources de production d'électricité	0,50	0,70	1,00	0,75	0,57	0,22	0,83	0,86	0,68
Développer et vulgariser les techniques appropriées et accessibles de transformation et de conservation des produits agricoles	0,25	1,00	1,00	1,00	0,71	0,89	1,00	0,86	0,79
Intégrer un système agro-sylvo-zootechnique pour assurer la sécurité alimentaire	0,50	0,00	0,50	1,00	0,71	1,00	1,00	0,57	0,69
Réhabiliter les milieux dégradés	0,25	0,97	1,00	0,75	0,57	0,67	0,83	0,57	0,68
Assurer la gestion conservatoire des ressources biologiques dans la plaine inondable du delta de la Rusizi	0,50	0,95	0,50	0,75	0,43	0,89	0,83	0,86	0,65
Assurer l'aménagement et la gestion intégrée du littoral inondable du lac Tanganyika	0,75	0,90	0,50	0,75	1,00	0,44	0,67	0,57	0,68
Promouvoir la santé environnementale	0,25	0,97	0,00	0,75	0,57	0,22	0,33	0,29	0,36
Promouvoir la latrine écologique (ECOSAN)	0,00	0,98	0,00	0,25	0,00	0,00	0,33	0,29	0,14

5.3. La classification des options

Les scores attribués sont pondérés par le poids du critère correspondant. Après avoir procédé à la somme des scores pondérés ligne par ligne, l'option la plus avantageuse sera celle avec la meilleure somme pondérée. Les options sont ainsi classées suivant les résultats obtenus par la somme pondérée des scores dans le tableau n°45.

Tableau n°45: HIERARCHISATION DES OPTIONS'ADAPTATION

Critères	Gestion durable de l'environnement	Coût (+1000 USD)	Aptitude à l'adaptation	Lutte contre la pauvreté	Prévention des risques climatiques	Sécurité alimentaire	Croissance économique	Promotion de la femme	Total
Pondération absolue	20	5	20	15	12	12	10	6	100
Pondération Relative	0,20	0,05	0,20	0,15	0,12	0,12	0,10	0,06	1
Procéder à l'aménagement intégral des bassins versants pour la conservation des eaux et des sols.	1,00	0,78	1,00	0,88	1,00	0,44	0,67	0,29	0,83
Développer et vulgariser les techniques appropriées et accessibles de transformation et de conservation des produits agricoles	0,25	1,00	1,00	1,00	0,71	0,89	1,00	0,86	0,79
Réhabiliter et densifier le réseau hydrologique National	1,00	0,98	1,00	0,25	1,00	0,44	0,67	0,57	0,76
Renforcer les capacités de l'IGEBU dans l'évaluation et la gestion intégrée des ressources en eau.	0,75	0,78	1,00	0,75	0,86	0,22	0,50	1,00	0,74
Intégrer un système agro-sylvo-zootechnique pour assurer la sécurité alimentaire	0,50	0,00	0,50	1,00	0,71	1,00	1,00	0,57	0,69
Assurer l'aménagement et la gestion intégrée du littoral inondable du lac Tanganyika	0,75	0,90	0,50	0,75	1,00	0,44	0,67	0,57	0,68
Réhabiliter les milieux dégradés	0,25	0,97	1,00	0,75	0,57	0,67	0,83	0,57	0,68
Diversifier les sources de production d'électricité	0,50	0,70	1,00	0,75	0,57	0,22	0,83	0,86	0,68
Renforcer les institutions chargées de la recherche appliquée en rapport avec la biodiversité, les changements climatiques, la gestion durable des terres et l'énergie	0,75	1,00	1,00	0,25	0,86	0,00	0,83	0,57	0,66
Assurer la gestion conservatoire des ressources biologiques dans la plaine inondable du delta de la Rusizi	0,50	0,95	0,50	0,75	0,43	0,89	0,83	0,86	0,65
Assurer un appui aux capacités d'adaptation aux changements climatiques dans le secteur de l'énergie	0,75	0,98	0,50	0,75	0,71	0,44	0,67	0,29	0,63
Renforcer la conscience environnementale collective	0,50	1,00	0,50	0,00	0,57	0,00	0,67	0,29	0,40
Promouvoir la santé environnementale	0,25	0,97	0,00	0,75	0,57	0,22	0,33	0,29	0,36
Promouvoir la mobilisation de l'information pour le suivi de l'état de l'environnement	0,25	1,00	0,50	0,25	0,57	0,00	0,00	0,00	0,31
Promouvoir la latrine écologique (ECOSAN)	0,00	0,98	0,00	0,25	0,00	0,00	0,33	0,29	0,14

Nous reprenons dans le tableau n° 46, le classement prioritaires des nouveaux projets d'adaptation.

Tableau n° 46: Ordre prioritaire des nouveaux projets d'adaptation

N°	Nouveaux projets d'adaptation	Classement
1	Procéder à l'aménagement intégral des bassins versants pour la conservation des eaux et des sols.	0,83
2	Développer et vulgariser les techniques appropriées et accessibles de transformation et de conservation des produits agricoles	0,79
3	Réhabiliter et densifier le réseau hydrologique National	0,76
4	Renforcer les capacités de l'IGEBU dans l'évaluation et la gestion intégrée des ressources en eau.	0,74
5	Intégrer un système agro-sylvo-zootechique pour assurer la sécurité alimentaire	0,69
66	Assurer l'aménagement et la gestion intégrée du littoral inondable du lac Tanganyika	0,68
7	Réhabiliter les milieux dégradés	0,68
8	Diversifier les sources de production d'électricité	0,68
9	Renforcer les institutions chargées de la recherche appliquée en rapport avec la biodiversité, les changements climatiques, la gestion durable des terres et l'énergie	0,66
10	Assurer la gestion conservatoire des ressources biologiques dans la plaine inondable du delta de la Rusizi	0,65
11	Assurer un appui aux capacités d'adaptation aux changements climatiques dans le secteur de l'énergie	0,63
12	Renforcer la conscience environnementale collective	0,40
13	Promouvoir la santé environnementale	0,36
14	Promouvoir la mobilisation de l'information pour le suivi de l'état de l'environnement	0,31
15	Promouvoir la latrine écologique (ECOSAN)	0,14

6. Les projets prioritaires proposés

6.1. Méthodologie

Le Fonds pour l'Environnement Mondial a financé un projet de Préparation du Plan d'Action National d'Adaptation aux Changements Climatiques (PANA) au Burundi dans le cadre du Fonds pour les pays les moins avancés (PMA). Le Plan d'Action National d'Adaptation aux Changements Climatiques (PANA) est un mécanisme, au sein de la Convention Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques (CCNUC), propre aux pays les moins avancés (PMA) ayant pour objectif d'assister les PMA à identifier des options d'adaptations prioritaires pour faire face aux effets néfastes des changements climatiques. Le Fonds PMA a été conçu pour l'identification des activités prioritaires devant permettre de répondre aux besoins immédiats et aux préoccupations les plus urgentes relatives à l'adaptation aux effets néfastes des changements climatiques.

L'élaboration du Plan d'Action National d'Adaptation aux Changements climatiques aura permis de proposer des projets prioritaires d'adaptation aux effets néfastes des changements climatiques à travers les différents secteurs socio-économiques considérés comme étant les plus vulnérables du pays à savoir, (i) le secteur des ressources en eau ; (ii) le secteur de l'agriculture et de l'élevage; (iii) le secteur de l'énergie ; (iv) le secteur des paysages, (v) le secteur des écosystèmes naturels et (vi) le secteur de la santé.

Le Burundi figure parmi ces PMA en même temps qu'il est signataire et a ratifié toutes les conventions issues de Rio, en l'occurrence la CCNUCC et son protocole dit Protocole de Kyoto, la Convention sur la Biodiversité et la Convention sur la Lutte contre la Désertification. Le Burundi a également présenté sa première communication nationale sur les changements climatiques en 2001. L'élaboration du PANA aura suivi un processus participatif, aussi bien au niveau national qu'au niveau local. Le document final du PANA a été validé par un équipe d'experts avant d'être soumis au Gouvernement pour endossement et incorporation dans les autres politiques nationales.

Des études de vulnérabilité ont été menées dans les secteurs jugés prioritaires et la conclusion est que le Burundi est très vulnérable aux changements climatiques et présente une très faible capacité d'adaptation étant donné que le pays sort de la guerre qui a duré près de dix ans. Le PANA est venu pour proposer des projets d'adaptation qui sont urgentes et immédiates pour faire face aux changements climatiques. Il s'agit d'un document de base qui permettra de mener des interventions raisonnées d'adaptation aux changements climatiques. Selon les directives de la CCNUCC, son contenu doit figurer dans les prochaines communications nationales.

Toutefois, l'adaptation aux changements climatiques concerne également des mesures et des actions qui peuvent être mises en œuvre dans le long terme et cela dans tous les secteurs les plus vulnérables. Les études sectorielles de vulnérabilité et d'adaptation aux changements climatiques auront permis d'identifier des actions et des mesures prioritaires qui seront également intégrées dans la 2^{ème} Communication Nationale sur les Changements Climatiques

6.2. Projets du PANA

L'objectif du PANA était de proposer une liste de projets prioritaires urgentes et immédiates, qui contribuent aux efforts d'adaptation du pays aux effets néfastes des changements climatiques et qui s'intègrent dans les stratégies de développement du pays, qui puissent bénéficier du soutien des bailleurs de fonds intéressés, étant donné que le Burundi a des capacités très limitées d'adaptation. Ces projets incluent également des actions de renforcement des capacités humaines et institutionnelles.

Nous reprenons dans le tableau n° 43 la liste des projets prioritaires identifiés dans le PANA.

Tableau n° 47 : Liste des projets prioritaires PANA

N°	Titre du projet	Agence d'exécution	Durée (années)	Coûts (Mille USD)
1	Amélioration des prévisions climatiques saisonnières pour l'alerte rapide	IGEBU	3	500
2	Réhabilitation des milieux Dégradés	Département des Forêts	3	500
3	Préservation des milieux naturels	l'INECN,	3	200
4	Valorisation des eaux de pluies	DPAE, IGEBU, DGEE	4	1000
5	Programme de lutte contre l'érosion dans la région de MUMIRWA	MINATTE MINTPE	3	600
6	Protection des zones tampons dans la plaine inondable du lac Tanganyika et autour des lacs du Bugesera	MINATTE	3	200
7	Vulgarisation des cultures vivrières à cycle court et résistantes à la sécheresse	MINAGRI MINATTE	3	294
8	Elevage par stabulation permanente	MINAGRI	3	300
9	Renforcement des capacités dans la promotion des techniques permettant l'économie de l'énergie-bois	MINATTE	2	700
10	Stabilisation de la dynamique fluviale des cours d'eau et des torrents dans les MUMIRWA y compris la ville de Bujumbura	MINATTE MINITPE	3	2000
11	Education à l'adaptation aux changements climatiques	MINATTE MININTER ONG	3	500
12	Multiplication des microcentrales hydroélectriques	MEM	3	500
	TOTAL			7.294

6.3. Les nouveaux projets d'adaptation

Dans les secteurs vulnérables, l'adaptation devrait conduire à (i) l'amélioration du système de l'agriculture et au renforcement de la sécurité alimentaire ; (ii) la gestion rationnelle des ressources en eau ; (iii) la protection des écosystèmes terrestres et humide et de leur biodiversité ; (iv) l'amélioration de la sécurité d'approvisionnement en énergie hydroélectrique et la promotion des énergies nouvelles et renouvelables dont l'énergie solaire en particulier; (v) une meilleure protection des paysages et des sols et (vi) le renforcement du système de santé pour une meilleure prise en charge des victimes des catastrophes liées aux changements climatiques.

Les projets ci-après ont été identifiés parmi les projets les plus prioritaires. Ils ont été obtenus par l'analyse multicritère appliquée sur l'ensemble des projets proposés dans les études sectorielles de vulnérabilité et d'adaptation aux changements climatiques.

Tableau n° 48 : Liste des nouveaux projets

N°	Titre du projet	Agence d'exécution	Durée (années)	Coûts (Mille USD)
1	Procéder à l'aménagement intégral des bassins versants pour la conservation des eaux et des sols.	MINATTE	10	5000
2	Développer et vulgariser les techniques appropriées et accessibles de transformation et de conservation des produits agricoles	MINAGI CNTA	5	140
3	Réhabiliter et densifier le réseau hydrologique National	MINATTE IGEBU	5	500
4	Renforcer les capacités de l'IGEBU dans l'évaluation et la gestion intégrée des ressources en eau.	MINATE IGEBU	10	500
5	Intégrer un système agro-sylvo-zootechnique pour assurer la sécurité alimentaire	MINAGRI	10	2000
66	Assurer l'aménagement et la gestion intégrée du littoral inondable du lac Tanganyika	MINATTE	2	2300
7	Réhabiliter les milieux dégradés	INCEN	3	650
8	Diversifier les sources de production d'électricité	MEM	5	32 970
9	Renforcer les institutions chargées de la recherche appliquée en rapport avec la biodiversité, les changements climatiques, la gestion durable des terres et l'énergie	INCEN MINAGRI MEM	3	600
10	Assurer la gestion conservatoire des ressources biologiques dans la plaine inondable du delta de la Rusizi	MINATTE INCEN	3	1.300
11	Assurer un appui aux capacités d'adaptation aux changements climatiques dans le secteur de l'énergie	MEM	2	520
12	Renforcer la conscience environnementale collective	MINATTE	2	300
13	Promouvoir la santé environnementale	MINISANTE	4	1.000
14	Promouvoir l'éducation, la sensibilisation et mobilisation de l'information pour le suivi de l'état de l'environnement	MINATTE INECN	2	220
15	Promouvoir la latrine écologique (ECOSAN)	MINISANTE	5	600
	TOTAL			48.000